

Trias : Auftakt ins Erdmittelalter

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **72 (2020)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

4. Trias – Auftakt ins Erdmittelalter

Die ältesten Ablagerungsgesteine ausserhalb der Permokarbontröge, die dem Grundgebirge aufliegen, sind in Süddeutschland und der Nordschweiz mit ein paar lokalen Ausnahmen festländische Sedimente der Triaszeit (Abb. 16): Rote Sandsteine, gelegentlich mit grünen oder violetten Toneinlagerungen: der sogenannte «Buntsandstein». Darüber folgen Meeresablagerungen («Muschelkalk») und schliesslich wieder festländische Sedimente («Keuper»). Dieser dreiteilige Aufbau der Abfolge veranlasste 1834 Friedrich August von Alberti, den Begriff der «Trias» (= «Dreiheit») einzuführen, um die drei in Mitteleuropa bereits erkannten und beschriebenen Glieder zusammenzufassen. Als «Prospektionsgeologe» (diese Bezeichnung existierte damals natürlich noch nicht) erkannte von Alberti die Wichtigkeit der korrekten Einstufung der stratigraphischen Abfolge für die Suche nach Steinsalz. Er hatte zahlreiche Prospektionsbohrungen auf Steinsalz geleitet und kannte daher die Schichtabfolge unter und über dem begehrten «weissen Gold» sehr gut.

Heute ist der Begriff der «Trias» weltweit für die Periode bzw. das System zwischen 251 und 201 Millionen Jahre gültig. Dies, obschon sich die beschriebene «Dreiheit» nur im sogenannten «Germanischen Becken» beobachten lässt, einem grossen Sedimentationsgebiet, das sich zwischen England im Westen, der Nordschweiz im Süden und Polen im Osten erstreckt.

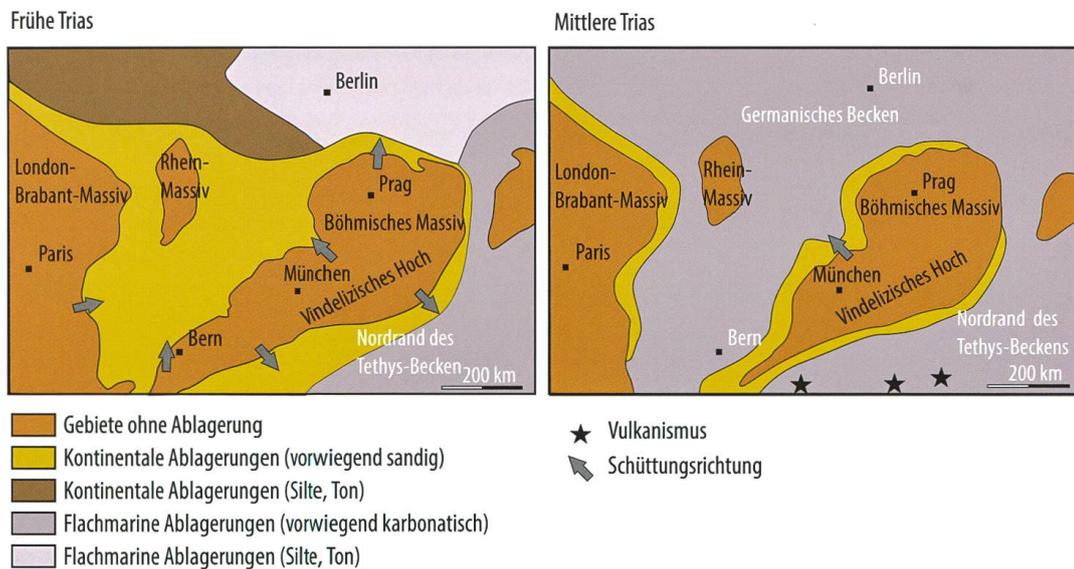


Abb. 16: Mitteleuropa war während der Triaszeit charakterisiert durch ein flaches Becken, das mal über (es entstanden festländische Ablagerungen), mal unter dem Meer lag (es entstanden Meeres- bzw. marine Ablagerungen). Weiter im Süden, also da wo heute die Alpen liegen, lag ein grosser und tiefer Ozean, die «Tethys».

Stratigraphie

Unter «Stratigraphie» bezeichnet man in den Erdwissenschaften die Beschreibung des «Nach- und Miteinanders». Heute unterscheidet man verschiedene Teilbereiche: Die **Chronostratigraphie** gliedert die Gesteinseinheiten aufgrund ihres absoluten Alters, das an geeigneten Gesteinen mit radiometrischen Alterdatierungen bestimmt werden kann. Die **Biostratigraphie** ordnet Sedimente anhand des Nacheinanders von Fossilien aufgrund ihres relativen Alters. Die Abfolge von Fossilien wird dafür in «Zonen» unterteilt; je nach Organismengruppen können dabei unterschiedliche Zonen definiert werden (z.B. Ammonitenzonen). Die **Lithostratigraphie** schliesslich beschreibt die räumliche und strukturelle Gliederung der Gesteinseinheiten aufgrund ihrer Merkmale. Bezeichnendes Merkmal dabei ist, dass Ober- und Untergrenzen nicht mit Zeitlinien zusammenfallen müssen. Wenn sich beispielsweise eine Strandlinie im Lauf der Zeit von A nach B verschiebt, wird die entsprechende Grenze zwischen Landablagerungen und Meeresablagerungen bei A älter sein als bei B. In der Lithostratigraphie werden die Gesteine in **Gruppen, Formationen, Member** und schliesslich **Bänke** oder Schichten unterteilt. So ist beispielsweise das «Beggingen-Member» ein Teil der «Staffelegg-Formation».

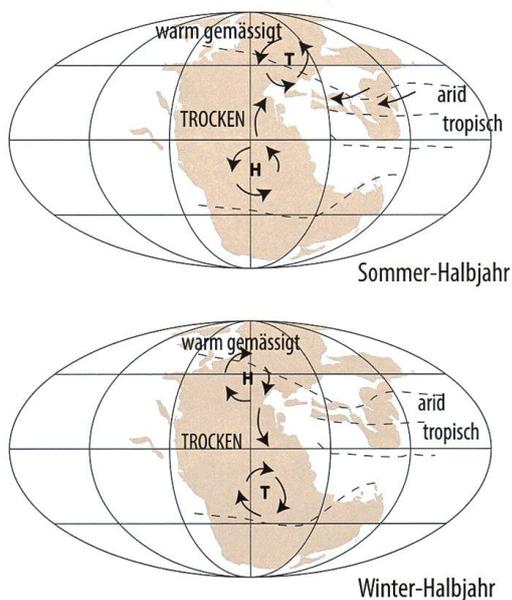


Abb. 17: Durch die grossen Landmassen nördlich und südlich des Ozeans «Tethys» bildete sich ein «Mega-Monsoon-Klima», das sich mit dem heutigen Klimasystem kaum vergleichen lässt.

Dieses Becken ist intrakontinental, das heisst es liegt innerhalb der europäischen Kontinentalplatte. Die Nordschweiz und damit auch die Region Schaffhausen liegen am südlichen Rand des damaligen Beckens. Gegen Süden und Südosten wurde das Becken durch eine festländische Schwelle, das «Vindelizische Land» begrenzt. Noch weiter südlich davon lag der offene Ozean der Tethys. Die Zeit der Trias zeichnete sich durch hohe Temperaturen und ein «Mega-Monsoon-Klima» aus (Abb. 17). Die Pole waren nicht vereist, die Kontinente waren zu einem grossen Kontinent vereint. Das dreieckige Tethys-Meer im Bereich der niederen Breiten teilte den Kontinent in einen Süd- und einen Nordteil. Durch die-

se Anordnung formte sich im Nordsommer jeweils ein grosses Tiefdruckgebiet über dem Festland des Nordkontinents, bzw. im Südsommer über dem Festland des Südkontinents. Sehr heftige saisonale Niederschläge, abwechselnd mit grosser Trockenheit, waren die Folge. Die damit verbundenen Ablagerungsbedingungen lassen sich in den Sedimenten der Trias-Zeit rekonstruieren.

Bereits im Gebiet der Tethys lässt sich die erwähnte Dreigliederung nicht mehr erkennen. Die Trias-Gesteine der Alpen, die sogenannte «Alpine Trias», zeigen einen viel komplexeren Aufbau, und der zeitliche Vergleich mit den entsprechenden Gesteinen der Nordschweiz ist sehr anspruchsvoll.

4.1 Festländische Ablagerungen

(Dinkelberg-Formation – «Buntsandstein»)

Gesteine des «Buntsandsteins» werden in der Schweiz zur **Dinkelberg-Formation** gestellt. Diese älteste Einheit der germanischen Trias ist auf dem Gebiet des Kantons Schaffhausen an der Oberfläche nicht zugänglich. Doch im nahen Schwarzwald, etwa im Merenbachtal oder entlang der Wutachschlucht sind diese Ablagerungen auch an der Oberfläche aufgeschlossen. Im oberen Wutachtal ist der «Buntsandstein» rund 40 m mächtig, in der Bohrung Siblingen waren es gerade mal noch 9,12 m. Im Zentrum des Beckens kann die Abfolge sogar mehrere hundert Meter umfassen. Starke Schwankungen in der Mächtigkeit sind einerseits vermutlich dem damaligen Relief, aber auch den weiterhin aktiven tektonischen Störungen am Rande der Permokarbontröge zu verdanken.

Es handelt sich um mehrheitlich festländische Ablagerungen: Konglomerate, Sand- und Tonsteine, die eine intensive Erosion der umliegenden Hochzonen dokumentieren. Das Material stammte hauptsächlich aus dem Südwesten. Damals lag Mitteleuropa im «Wüstengürtel» der Erde. Allerdings erfolgte der Sedimenttransport mehrheitlich durch Wasser; in dem erwähnten Klima kam es zu saisonalen Starkniederschlägen, bei denen über temporäre und wechselnde Flusssysteme grosse Mengen von Sediment transportiert und bei Überschwemmungen auch weit verteilt wurden. In den Trockenperioden kam es dann zu starker Verdunstung von aufsteigendem Grundwasser und zur Bildung von Kalkkrusten bzw. -knollen. Die Ablagerungssequenzen werden auch von grossräumig erkennbaren Boden-Horizonten untergliedert (Abb. 18). Darunter versteht man Schichten, in denen Prozesse dokumentiert sind, die für Bodenbildungen typisch sind: chemische Lösungs- und Ausfällungsprozesse, Aktivitäten von Wurzeln und Bodenorganismen usw. Auch in



Abb. 18: Fossile Bodenbildung im Buntsandstein der Wutachschlucht: solche Lagen sind wichtige Hinweise auf die Klimaentwicklung. Durch Auswaschungs- und Verdunstungsprozesse wurde SiO_2 in Knollen angereichert. Diese liegen heute als fleischrote Karneolknollen vor (siehe Detail unten).



der Bohrung der Nagra in Benken wurden entsprechende Bodenbildungen dokumentiert.

4.2 Die Gegend versinkt unter dem Meeresspiegel: «Muschelkalk»

Vor rund 240 Millionen Jahren wurde Mitteleuropa schrittweise von Osten her von einem flachen Meer überflutet. Die in einer wüstenartigen Umgebung gebildete Ablagerung der Dinkelberg-Formation ging in die Sedimentation in einem flachen Meer über (man nennt diesen Prozess der Meeresüberflutung «Transgression»). Das liegt einerseits an einem weltweiten Meeresspiegelanstieg, andererseits an Absenkungen im Südtteil des germanischen Beckens. Die Ablagerungen des «Unteren Muschelkalkes» bzw. der **Kaiseraugst-Formation** bestehen aus meist dunkelgrauen Dolomit-, Ton-, Silt- und Sandlagen. Wellenrippeln, Kreuzschichten und Lagen von Muschelschalen bezeugen ein sehr flachmarines Milieu (Abb. 19). Die Fossilien zeigen, dass in dieser Phase nur salztolerante, robuste Organismen überleben konnten; diese gediehen

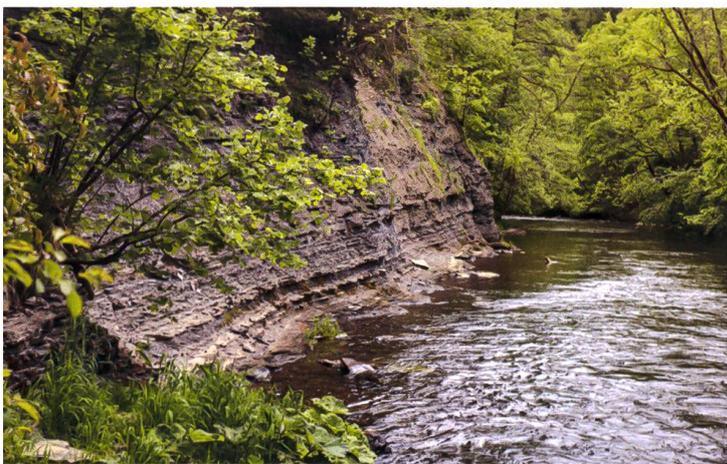


Abb. 19: Der «Untere Muschelkalk» ist in der Wutachschlucht aufgeschlossen. Er besteht aus meist fein geschichteten Lagen aus Ton und Dolomit bzw. Kalk. Die häufigen wellenförmigen Rippeln, Rinnen und Wülste verhalfen der Einheit zu ihrer heute nicht mehr gültigen Bezeichnung «Wellengebirge». In der Schweiz werden diese Schichten heute zur Kaiseraugst-Formation zusammengefasst.

dafür stellenweise in grosser Zahl. Gegen den Abschluss der Ablagerung der Kaiseraugst-Formation sinkt der Meeresspiegel wieder leicht, und es bilden sich teilweise lokal lagunäre Verhältnisse. In den Lagunen bilden sich erste Evaporitgesteine (siehe Kästchen auf Seite 26). Aufschlüsse der Kaiseraugst-Formation beschränken sich in der Region Schaffhausen auf das Wutachtal. Der «Mittlere Muschelkalk» bzw. die **Zeglingen-Formation** schliesslich ist stark geprägt durch Evaporitgesteine: Anhydrit- und Gipsbänke, stellenweise Steinsalz, sowie Ton- und Dolomitlagen. Die Zufuhr von Wasser des offenen Ozeans wurde durch tektonische Bewegungen unterbunden oder stark eingeschränkt. Durch die klimabedingt hohen Verdunstungsraten kam es zur häufig in Zyklen erfolgenden Ablagerung der Evaporite (siehe Kästchen). Die Strukturen der Ablagerungen zeigen, dass sie mehrheitlich unter, aber teilweise auch über Wasser erfolgten. Westlich der Aare sind die Steinsalzvorkommen sehr prominent und wurden bzw. werden in der Region Schweizerhalle intensiv ausgebeutet. In der Region Schaffhausen blieben entsprechende Sondierbohrungen in den 1820er Jahren in Beggingen, Schleithem und Siblingen und 1913 noch einmal in Siblingen erfolglos. Die Stellung Schaffhausens war in der Vergangenheit lange durch seine dominierende Rolle im Salzhandel geprägt gewesen; als aber Salz in der Nordschweiz gefunden wurde, blieb ausgerechnet Schaffhausen «auf dem Trockenen», da die entsprechenden Schichten zwar vorhanden, aber salzfrei ausgebildet sind. Allerdings konnte man in der Nagra-Bohrung in Benken ein – allerdings beschränktes – Steinsalzlager nachweisen.

Die Zeglingen-Formation ist im Kanton Schaffhausen ausschliesslich am Westrand des Kantons, also entlang der Wutach, aufgeschlossen und zugänglich. Zunächst im Tagebau, ab ca. 1790 hat man die Gipsvorkommen in diversen Stollenbauten (Wunderklingen, Schleithem) ausgebeutet und die Gipsgesteine wirtschaftlich genutzt. Die Nutzung als Düngegips stand im Vordergrund; nur wenig wurde als Stuckaturgips verwendet. Das Gipsmuseum in Schleithem bietet neben vielen Informationen auch die Gelegenheit, einen Teil des Stollensystems heute noch zu begehen (Abb. 21 und 22; Guyan, 1936; Stössel et al., 2005).

Der «Obere Muschelkalk» wird heute durch die **Schinznach-Formation** beschrieben. In ihr erfolgt ein Wechsel von vor allem kalkigen Gesteinen (ehemals als «Hauptmuschelkalk» bezeichnet) zu mehrheitlich dolomitischen Gesteinen (ehemals «Trigonodus-Dolomit»). Die früher separat ausgeschiedene «Lettenkohle» (Asp-Member, siehe Seite 31), traditionell bereits Teil des

Evaporitgesteine

Wenn Meerwasser verdunstet, werden im Rückstand die gelösten Salze aufkonzentriert. Steigt die Konzentration weiter an, kristallisieren die Salze in einer charakteristischen Abfolge: Gips/Anhydrit, Steinsalz, Bittersalz. Man nennt die so gebildeten Gesteine «Evaporitgesteine». Das kann entweder unter Wasser (subaquatisch), also zum Beispiel in einer Lagune passieren (Abb.20). Es kann aber auch sein, dass in einer Küstenebene salziges Grundwasser durch Kapillarkräfte aufsteigt und an der Oberfläche verdunstet (subaerische Bildung). Dann bilden sich Evaporitgesteine über dem (Grund)wasserspiegel direkt im Sediment. Diese «Salzsümpfe» werden als «Sabkha» bezeichnet, einem aus dem Arabischen stammenden Begriff.

Anhydrit (chemische Formel: $\text{Ca}[\text{SO}_4]$) kann direkt aus Meerwasser entstehen oder aber durch die Überdeckung durch jüngere Gesteine unter dem Einfluss von Temperatur und Druck aus Gips gebildet werden (chemische Formel von Gips: $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Bei dieser mineralogischen Umwandlung wird Wasser frei, und das Volumen nimmt ab. Umgekehrt wird Anhydrit in Gips umgewandelt, wenn an der Erdoberfläche, das heisst unter Umgebungsdruck und -temperatur, Wasser zutritt. Dabei wird das Volumen entsprechend um rund 60% vergrössert. Daher sind Anhydritgesteine in der Baugeologie sehr gefürchtet: Wenn zum Beispiel im Tunnelbau solche Gesteine angeschnitten werden und Wasser zutritt, setzt die Umwandlung zu Gips ein. Die damit verbundene Volumenzunahme kann das Bauwerk stark verformen und damit schädigen. Als man in Staufen (D) bei Freiburg durch Geothermiebohrungen Wasser in eine anhydritführende Schicht einbrachte, setzten Hebungen mit schweren Folgen für den historischen Ortskern ein. Weit über 200 Gebäude erlitten grosse bautechnische Schäden.

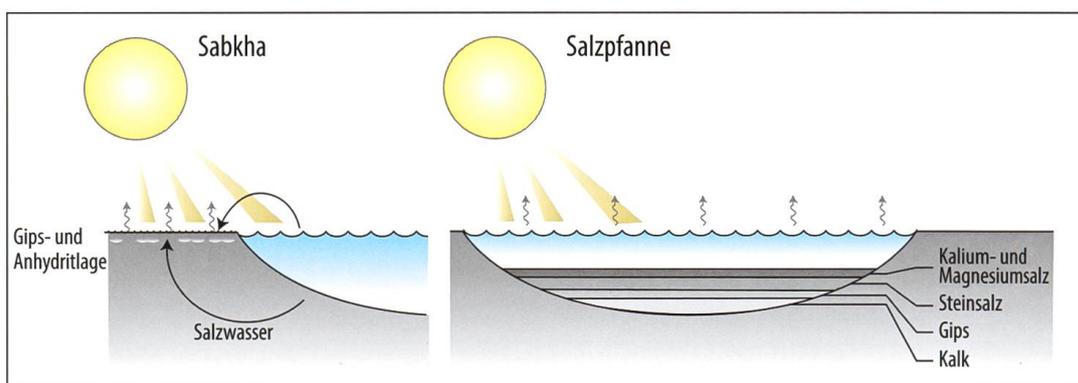


Abb. 20: Verdunstungs- oder Evaporitgesteine können entweder durch Ausfällung unter Wasser, oder durch Verdunstung in oberflächennahen Schichten über dem Wasserspiegel entstehen.



Abb. 21: In Oberwiesen bei Schleithem wurde als Teil des Gipsmuseums ein «Mundloch» für den Gipsabbau rekonstruiert. Ein «Mundloch» bezeichnet in der Bergmannssprache den an der Tagesoberfläche liegenden Eingang eines Stollens.



Abb. 22: Das Gipsmuseum Schleithem zeigt an den Wänden des Besucherstollens den Aufbau des gips- bzw. anhydritführenden Gesteins.

überliegenden Keupers, wird heute ebenfalls noch der Schinznach-Formation zugerechnet (Pietsch et al., 2016).

Die Kalk- und Dolomitgesteine repräsentieren ein Ablagerungsmilieu mit einer flachen Rampe und einer Verbindung zu bzw. Austausch mit dem offeneren Meer. Durch eine Erhöhung des Meeresspiegels wurde zunehmend Wasser aus Südwesten («Burgundische Pforte») aus dem offenen Ozean in das germanische Becken eingetragen. Die Verdunstung war nicht mehr so hoch, dass es zur Bildung von Evaporitlagerstätten hätte kommen können. Jedoch war in unserer Gegend, das heisst am Südrand des germanischen Beckens, der Salzgehalt zeitweise noch immer erhöht, was die Fossilien einer spezialisierten Fauna belegen. Die Ablagerungen zeichnen sich oft durch sehr regelmässige Schichtung bzw. Zyklizitäten aus (Aigner und Bachmann, 1992; Palermo et al., 2010). Diese Abfolgen werden teilweise als Signatur regelmässiger Klimaschwankungen interpretiert; so wie in der jüngeren erdgeschichtlichen Vergangenheit die Schwankungen in den Parametern der Erdumlaufbahn (Präzession, Schiefe der Ekliptik, Exzentrizität: Milanković-Zyklen) den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten geprägt hätten, hätten damals diese Schwankungen die Frequenz von Stürmen, Meeresspiegelbewegungen und Weiterem gesteuert (Abb. 23 und 24).

Tatsächlich finden sich in der Abfolge zahlreiche für Sturmablagerungen («Tempestite») typische Sedimentstrukturen (Abb. 25). Offensichtlich fand die Ablagerung einerseits in entsprechend flachem Wasser statt, andererseits war diese flache Rampe nicht durch einen Korallenriffgürtel vor dem Einfluss

des offenen Meeres geschützt. Eigentliche Hurrikane dürften dabei durch die Burgundische Pforte ins Muschelkalkmeer eingedrungen sein. Auch Rip-peln, also durch Wellen und Strömung verursachte wellenförmige Sedimentoberflächen lassen sich häufig beobachten (z. B. beim Baggenbrunnen bei Schleithem, Abb. 26).

Fossilien sind in der Schinznach-Formation über weite Bereiche eher selten; entlang von einzelnen Horizonten aber treten sie sehr häufig auf, möglicher-



Abb. 23: Der «Hauptmuschelkalk» bildet u.a. im Gebiet Wutachschlucht und Wutachflühe eindruckliche, dominante Felswände.



Abb. 25: Sturmablagerungen finden sich im Hauptmuschelkalk häufig. Sie hinterlassen typische Sedimentstrukturen (Bild: Aufschluss in Wunderklingen).

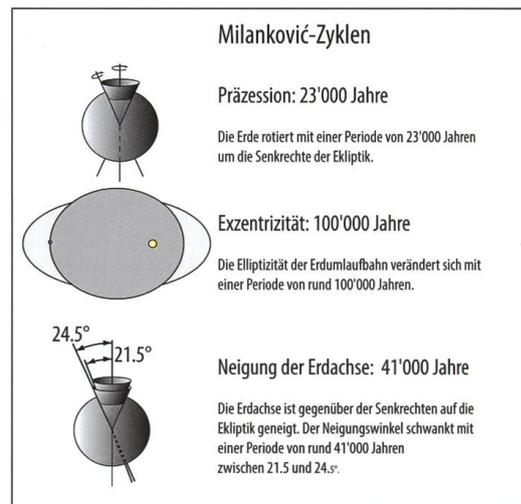


Abb. 24: Schwankungen in den Orbitalparametern der Bewegungen der Erde um die Sonne lassen sich exakt berechnen. Sie gelten als mitverantwortlich für zyklische Klimaschwankungen in der Erdgeschichte.

weise durch die Sturmfluten zusammengeschwemmt (Abb. 27–31). Oft sind diese Ansammlungen jedoch durch einige wenige Arten dominiert. So unterscheidet man beispielsweise den eigentlichen «Trochitenkalk» (**Leutschenberg-Member** und **Kienberg-Member**; Pietsch et al., 2016). Trochiten (Abb. 29) sind rädchenförmige Stielglieder von Seelilien (Abb. 30). Seelilien ihrerseits gehören trotz ihres Namens, ihrer



Abb. 26: Wellenrippeln im oberen Teil der Schinznach-Formation, Baggenbrunnen bei Schleithem.

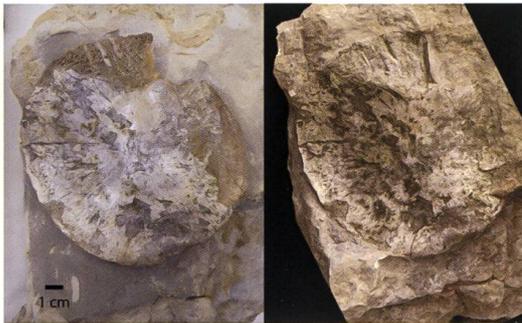


Abb. 27: Dieser versteinerte Knochen (links: präpariert, rechts: wie er gefunden wurde) wurde von einer aufmerksamen Hobby-Sammlerin entdeckt und zu Recht als besondere Entdeckung gemeldet. Nach Einschätzung der Experten handelt es sich um den Oberarm (Humerus) eines Vertreters aus der Familie der Shastasauridae. Dies sind oft sehr grosswüchsige Ichthyosaurier («Fischsaurier») der Trias.



Abb. 28: Kieferrest des Knochenfisches Saurichthys aus Wunderklingen. Länge ca. 13 cm. Sammlung Ortsgemuseum Neunkirch.



Abb. 29: Angewitterter Trochitenkalk. Die Trochiten sind rädchenförmige Skelettelemente von Seelilien. Flüelhaalde, Schleithem. Bildbreite ca. 10 cm.

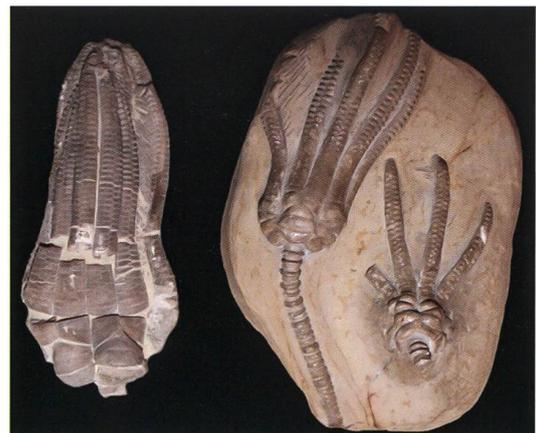


Abb. 30: Kelche der Seelilie *Encrinurus liliiformis*, Sammlung Ortsgemuseum Neunkirch.

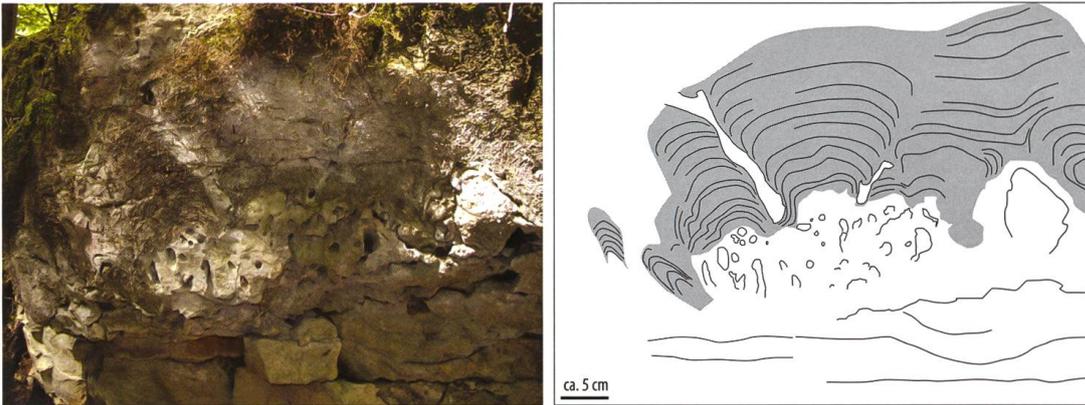


Abb. 31: Innerhalb der Schinznach-Formation gibt es lokal Bildungen von kleinen Muschelriffen (rechts Zeichnung der Situation links). Dabei wuchsen unzählige Muscheln der Gattung *Placunopsis* auf einer festen Unterlage auf, umkrusteten diese und bildeten schliesslich einen kleinen aber vermutlich wellenresistenten Riffkörper.

blumenartigen Gestalt und ihrer fest verankerten Lebensweise nicht zu den Pflanzen, sondern zu den Tieren, genauer zu den Stachelhäutern und damit zur Verwandtschaft der Seesterne, Seeigel und Seegurken. Während zusammenhängende Kelche dieser Seelilien besonders in unserer Gegend eher selten sind, findet man die in die einzelnen Elemente zerfallenen Skelette oft gesteinsbildend. Auch hier dürften die häufigen Stürme die rasenartig am Meeresboden wachsenden Seelilien grossräumig zerstört und zusammengeschwemmt haben.

Gelegentlich findet man auch Lagen von Schalen von Muscheln oder Armfüssern. Armfüsser oder Brachiopoden sind im Erdmittelalter häufige Organismen, die ähnlich wie Muscheln aussehen und auch ähnlich leben, aber einer ganz anderen Organismengruppe angehören. Ebenfalls zu den Weichtieren gehören die Ceratiten (Abb. 28), eine Form der Vorläufer der im Jura so häufigen und weit verbreiteten Ammoniten. Sie können aufgrund ihrer raschen Entwicklung und weiten Verbreitung als Leitfossilien, also als Indikatoren für das geologische Alter dienen. Sie waren aber auch an das etwas tiefere Wasser gebunden und sind daher im Muschelkalk des Südrandes des germanischen Beckens eher selten.

Vereinzelt findet man auch Reste von Wirbeltieren. So ist im Ortsmuseum Neunkirch der Kiefer eines Fisches (*Saurichthys*) ausgestellt, den Emil Schutz (1916–1974) in den 1950er Jahren bei Wunderklingen/Hallau fand. Aus der Region Schleithem/Oberwiesen kennt man zudem Rippen bzw. Wirbel von Pflasterzahn- und Nothosauriern (heute am Paläontologischen Museum der Universität Zürich). Vor kurzem wurde auch der Oberarm eines Vertreters

der riesigen Shastasauriden entdeckt, einer Gruppe von sehr grosswüchsigen Fischeosauriern (Abb. 27; Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen).

Gegen Ende der Ablagerung der Sedimente der Schinznach-Formation sank der Meeresspiegel. Es häuften sich Ablagerungen, die auf ein sehr flaches Meer hindeuten (z. B. Ablagerung von kleinen Kalkkugeln, sogenannten Ooiden; die entsprechenden Gesteine nennt man Oolithe). Zudem wurde der oberste Teil der Schinznach-Formation während der Phase der Gesteinsbildung (Diagenese) dolomitisiert; das heisst das Mineral Calcit (CaCO_3), aus dem der ursprüngliche Kalk bestand, wurde in Dolomit ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$) umgewandelt. Durch zunehmende Salinität des Meerwassers entstanden magnesiumreiche Porenwässer, die diese Umwandlung auslösten. Man fasste diesen umgewandelten und durch Auslaugung und Hohlräume charakterisierten Teil des Hauptmuschelkalkes als **Stamberg-Member** (Früher: Trigonodus-Dolomit) zusammen.

Diese Abfolge fand ihren Abschluss mit dem kontinuierlichen Übergang in die ehemals als «Lettenkohle» bezeichnete Einheit (**Asp-Member**): eine Wechsellagerung von tonig-mergeligen, dolomitischen und kohleführenden Schichten mit einzelnen Evaporitlinsen. In der Region ist sie lediglich 1–2 m mächtig. Teilweise sind darin Knochenlagen («Bonebeds») mit Zähnen und kleinen Knochenfragmenten, Lagen mit Muschelschill oder eben kohligem Pflanzenhäcksel eingelagert. In diesem Gestein zeichnet sich eine zunehmende Verlandung, also ein Absinken des relativen Meeresspiegels ab; man kann die Gesteine als Ablagerungen eines Wattenmeeres deuten. Diese an sich sehr interessanten Ablagerungen sind jedoch im Kanton Schaffhausen nur schlecht zugänglich bzw. aufgeschlossen.

4.3 Wechselvolle Ablagerungsgeschichte: Die Späte Trias

Über der Schinznach Formation folgen die **Bänkerjoch-** (ehemals «Gipskeuper») und die **Klettgau-Formation** («Schilfsandstein», «Gansinger-Dolomit», «Stubensandstein», «Obere Bunte Mergel», «Rhät» etc.; Jordan et al., 2016). Die **Bänkerjoch-Formation** besteht aus meist grauschwarzen, grauen, teils bunten, kalkarmen Mergeln, in die Lagen mit oft unregelmässigen, knolligen Vorkommen von Alabaster-Gips eingelagert sind (Abb. 32). Diese Schichten wurden abgelagert unter klimatisch trockenen (semiariden bis ariden) Bedingungen, nach wie vor am Südrand des germanischen Beckens. Die Gipslagerstätten bildeten sich als flachmarine und (hauptsächlich) terrestrische Evaporite in Salzsümpfen (Sabkha-Bildung). Gelegentliche Überflutungsphasen deuten auf ein flaches Relief wenig über dem Meeresspiegel und



Abb. 32: Alabaster ist eine aus mikroskopisch kleinen Kristallen bestehende Varietät des Gipses. Er ist besonders gut zur Bearbeitung geeignet. Diese Form des Gipses ist in der Bänkerjoch-Formation der Region recht häufig. Diese knollenförmige Ausbildung dürfte in einer Salzwüste («Sabkha») entstanden sein. Solche Salzwüsten finden sich heute beispielsweise im Persischen Golf.

sind durch einzelne Einschaltungen («Quarzitische Bank» und «Pseudocorbula-Bank») dokumentiert. Die Bänkerjoch-Formation ist im Kanton Schaffhausen beispielsweise im Lachenbruch bei Schleithem abgeschlossen und zugänglich (Abb. 34). Die **Klettgau-Formation** verdankt ihren Namen der Tatsache, dass einzelne Aufschlüsse diese sehr diverse Abfolge im Klettgau besonders deutlich zeigen. Allerdings zeichnet sich diese Abfolge nicht nur durch eine grosse Vielfalt, sondern auch durch rasche seitliche Übergänge und Schichtlücken aus. Die Gesteine dieser Formation sind ebenfalls weitgehend festländisch, dokumentieren aber eine markante Umgestaltung der Landschaft. Nicht mehr eine flache Küstenebene, sondern grosse Flussrinnen, die vom baltischen Schild (Skandinavien) her kommend ganz Mitteleuropa überziehen. Bemerkenswert ist insbesondere der «Schilfsandstein» (Teil des **Ergolz-Members**). Dieser feine, karbonatfreie Sandstein kann sehr variabel gefärbt sein (rot oder grün) und besteht aus Körnern von Quarz und Feldspat. Es handelt sich um die Ablagerungen der Ausläufer eines Flusssystemes mit breiten



Abb. 33: Die Gesteine der Bänkerjoch-Formation sind oft von verschiedenen Generationen (hier mit unterschiedlichen Farben) von Rissen und Klüften durchsetzt. Sulfathaltige Lösungen, die darin zirkulierten, schieden in diesen Hohlräumen Gips in unterschiedlichen Generationen aus. Ein Teil dieser Klüfte dürfte auf die Schrumpfung bzw. Ausdehnung in Zusammenhang mit der Umwandlung von Gips in Anhydrit bzw. umgekehrt zurückzuführen sein.

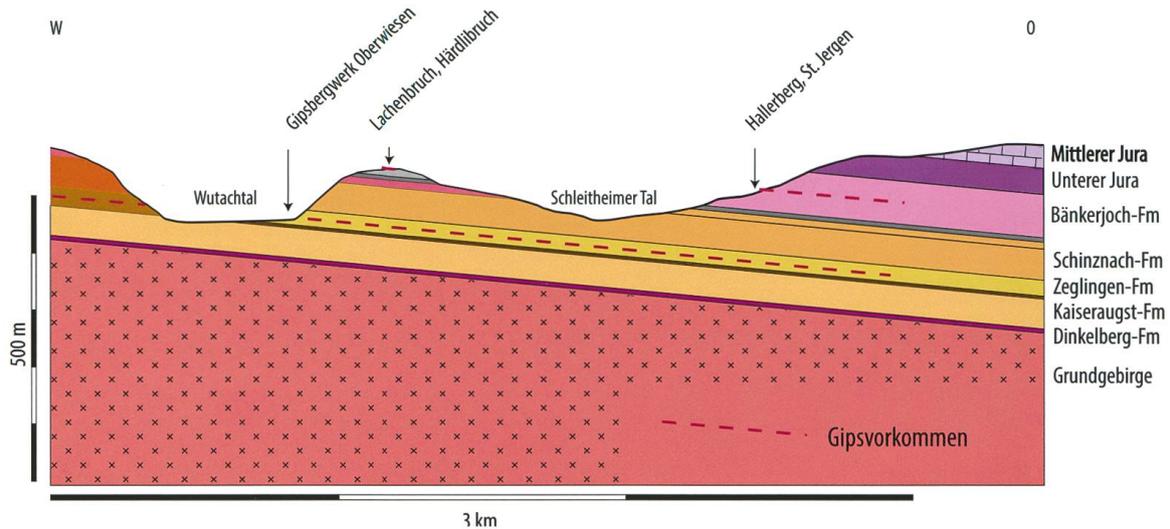


Abb. 34: In der Region Schleithem wurde in historischer Zeit Gips aus verschiedenen stratigraphischen Niveaus abgebaut: sowohl aus der Zeglingen-Formation als auch aus der Bänkerjoch-Formation (Profil-Querschnitt überhöht).

Sandsteinsträngen und flachen Überschwemmungsebenen dazwischen. Deutlich sind oft die typischen Ablagerungsgeometrien (Kreuzschichten) erhalten. Der alte Name «Schilfsandstein» geht auf das gelegentliche Auftreten von Pflanzenfossilien zurück (Abb. 35 und 36). Allerdings handelt es sich dabei nicht um «Schilf» (also Vertreter der erst sehr viel später auftretenden Gräser), sondern meist um Vertreter von Schachtelhalmen (Equiseten; ein entsprechendes Stück aus Schleithem ist im Museum zu Allerheiligen ausgestellt) oder der ausgestorbenen Benettitales (Gruppe der Samenpflanzen). *Cyclotosaurus* ist ein grosser Lurch, der ebenfalls im Seewi-Steinbruch in Schleithem hat nachgewiesen werden können. Schilfsandstein war

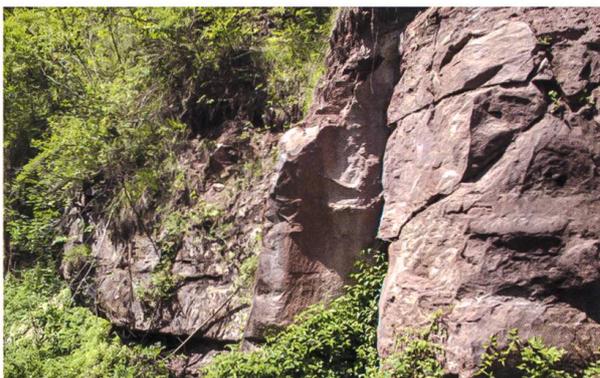


Abb. 35: Der Seewi-Steinbruch bei Schleithem zeigt die Schichtabfolge von Schilfsandstein bis zum Stubensandstein



Abb. 36: *Pterophyllum*, ein Vertreter der ausgestorbenen Gruppe der Benettitales. Schilfsandstein aus Süddeutschland, Museum zu Allerheiligen.

in historischer Zeit ein beliebter, aber nicht sehr frostresistenter Baustein. Einzelne Säulen des Kreuzganges im Kloster Allerheiligen in Schaffhausen, aber auch die Säulen im Kreuzgang des Zürcher Fraumünsters sollen aus Klettgauer Schilfsandstein bestehen.

Nach Ablagerung des Schilfsandsteines erfolgte noch einmal ein Meeresvorstoss von Südwesten her und sorgte für eine kurzzeitige Ablagerung von Anhydrit, dem Hauptsteinmergel des Wutachgebietes und dem Durröhrlestein (Hofmann, 1981). Im nahen Aargau stammt der Gansinger-Dolomit (Gansingen-Member) aus dieser Phase.

Darüber folgen erneut feinkörnige Ablagerungen einer Überschwemmungsebene (ehemals «Obere Bunte Mergel» und «Knollenmergel»). Das Klima war nach wie vor sehr trocken, und aufsteigende Grundwässer hinterliessen markante, mit Bodenbildungen verbundene Dolomitknollen. In diese Abfolge eingelagert ist der nur sehr lückenhaft erhaltene Körper des «Stubensandsteins» (**Seebi-Member**), eines grobkörnigen, feldspatreichen Sandsteins. Im Gegensatz zum Schilfsandstein wurde der Stubensandstein nicht aus Skandinavien, sondern aus Südosten von der vindelizischen Landmasse her geschüttet.

Den Abschluss der Klettgau-Formation bildet das **Belchen-Member**, Gesteine, die man ursprünglich oft als «Rhät-Tone» bzw. als «Rhät-Bonebed» oder «Rät-Bonebed» bezeichnet hat: grünliche, kalkarme Tone mit Einlagerungen von «Kalkgrus-Schichten, die teils unverfestigt, teils kalkig zementiert sind und plattenartigen Charakter haben können» (Abb. 37; Hofmann, 1981). In diesen Schichten stiessen die beiden Schaffhauser, der Geologe Ferdinand Schalch und der Paläontologe Bernhard Peyer, in ihrer Grabung auf Braatelen bei Hallau bereits 1919 auf ein «Bonebed», also auf eine an Knochenfragmenten und Zähnen reiche Lage (Schalch und Peyer, 1919). 1942 wurde in unmittelbarer Nähe durch Bernhard Peyer eine weitere Grabung abgeteuft (Peyer, 1944). Er konnte darin winzige Zähnchen nachweisen, die weltweit zu den ältesten Nachweisen der Säugetiere zählen (Clemens, 1980; Peyer, 1956). Noch heute dienen diese Sammlungen, ergänzt durch Funde des privaten Sammlers Emil Schutz aus Neunkirch, als wichtige Referenz. So konnte vor kurzem in den alten Beständen aufgrund von Zahnfunden sogar eine für die Wissenschaft neue Echsenart beschrieben werden (Whiteside et al., 2017; siehe aber auch Kindlimann, 1984). Grössere Knochen und Knochenfragmente aus derselben Schicht wurden schon früh den Dinosauriern zugeschrieben, genauer der Art *Gresslyosaurus ingens*, eine Dinosaurierart, die man aus Niederschönthal in Baselland bereits kannte. Allerdings kamen vor wenigen Jah-



Abb. 37: Typisches Handstück des «Rhät-Bonebeds», Sammlung Hofmann, Museum zu Allerheiligen.

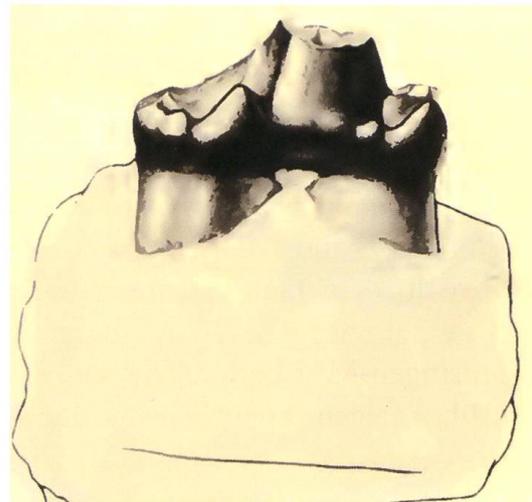


Abb. 38: Fossiler Zahn eines der ältesten Vertreter säugetierähnlicher Tiere, gefunden von B. Peyer in Hallau und später nach ihm benannt (*Morganucodon peyeri*, aus der Publikation von Clemens, 1980).

ren Zweifel an dieser Zuordnung auf. 2016 wurde in den entsprechenden Schichten auf Santierge bei Schleithem eine neue Grabung abgeteuft; auch darin wurde u. a. eine ganze Reihe von Dinosaurierknochen gefunden (Abb. 39 und 40). Die Dinosaurierknochen aus diesen Schichten befinden sich derzeit in wissenschaftlicher Bearbeitung.



Abb 39: Rückenwirbel eines Dinosauriers, Fund aus Schleithem, Museum zu Allerheiligen. Der vertikale Balken entspricht einem Zentimeter.



Abb. 40: Skizze einer Lebensraumrekonstruktion, gestützt auf die Funde aus Schleithem und Hallau (Beat Scheffold).

Interessanterweise wurden gemäss Hübscher (1947–1948) die «Rätschichten» von Hallau einst von einer «Düngerfabrik aus dem Waadtland» auf den Phosphorgehalt untersucht, jedoch ohne für einen Abbau ausreichend hohe Konzentrationen nachweisen zu können.

Die ursprünglich rein auf lithologischen Kriterien abgestützte Zuordnung ins «Rhät» (oberste Stufe der Trias) konnte zunächst nicht bestätigt werden. Die genaue Datierung der entsprechenden Schichten gestaltet sich schwierig: Die palynologischen Analysen (Analyse fossiler Pollen) von Achilles and Schlatter (1986) deuten auf ein leicht höheres Alter hin, so dass das «Rhät-Bonebed» aus Hallau eben nicht ins Rhät sondern in die nächst ältere Stufe, ins Nor zu stellen wäre. In einer regionalen Übersicht über die palynologische Biostratigraphie der Nordschweiz konnte jedoch das Rhät in entsprechenden Profilen durchaus nachgewiesen werden (Schneebeili-Hermann et al., 2018). Das Rhät wurde auch in der Bohrung Benken anhand von fossilen Pollen und Sporen in dunklen Tonsteinen mit Muschelabdrücken eindeutig nachgewiesen. Es ist das erste Anzeichen des Meeressvorstosses von Norden her. Erste tektonische Bewegungen, die letztlich zur Bildung des Nordatlantiks führen sollten, läuteten eine neue Ära ein.

5. Am Rand des Ozeans: Das Jurameer

Der Übergang von der Trias in den Jura ist in unserer Gegend generell mit einer Schichtlücke dokumentiert: Zwischen dem «oberen Mittelkeuper» und der «Pylonotum-Zone» des untersten Jura (Schlatter, 1983) fehlen Ablagerungen. Es zeichnet sich ein deutlicher Wechsel ab, denn unter dem Einfluss eines steigenden Meeresspiegels etablieren sich mit dem Jurazeitalter bei uns stabil marine Bedingungen: Während der nächsten rund 50 Millionen Jahre lag die Region Schaffhausen im Meer, und zwar sowohl unter dem Einfluss des Ozeans im Süden (Tethys), als auch unter jenem des Nordmeers (Borealis) (Abb. 41).

5.1 Der Untere Jura: Starker Einfluss des nahen Festlandes

Sandige Einlagerungen zeigen aber an, dass zunächst auf nahegelegenen Festländern (Böhmisch-Vindelizisches Festland) nach wie vor Kristallingesteine abgetragen wurden. Dadurch gelangte auch sehr viel Ton in die Meeresablagerungen, der die Sedimente dunkelgrau bis schwarz färbt. In Mitteleu-