

Die Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016) / The Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016)

Manfred Menning

*Anschrift der Autors:

Dr. Manfred Menning, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum
GFZ, Telegraphenberg, 14473 Potsdam (menne@gfz-potsdam.de)

Kurzfassung

Intention und Realität der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016) werden dargestellt. Den Zeitabschnitten Ediacarium bis Silur sowie Späte Trias bis Quartär liegt die Zeitskala der GTS 2012 (Geological Time Scale 2012) zu Grunde. Für das Devon wurde eine eigene Zeitskala entwickelt, für Karbon und Perm wird die Zeitskala der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002 (STD 2002) genutzt und für die Frühe und Mittlere Trias die Zeitskala der Erläuterungen 2005 zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002 (ESTD 2005). Die Alter der paläozoischen und mesozoischen Stufen sind auf 0,5 Ma bzw. 1 Ma gerundet.

Die zeitliche Einstufung vieler mitteleuropäischer Einheiten in die Globale Stratigraphische Skala ist variabel und nicht endgültig. Dies verdeutlichen Pfeile an zahlreichen Schichtgrenzen. Dargestellt sind möglichst viele gebräuchliche Schichten mit ihren aktuellen Namen und zusätzlich auch oft mit ihren eingebürgerten, aber inzwischen obsoleten Namen. Umstritten ist die Existenz nahezu beckenweiter Schichtlücken, so im Keuper, während solche Lücken im höheren Rotliegend und an der Kreide-Tertiär-Grenze auch im Norddeutschen Becken weithin akzeptiert werden.

Neuigkeiten gegenüber der STD 2002 und ausgewählte, darunter grundlegende stratigraphische Probleme sowie Besonderheiten in den einzelnen Zeitabschnitten der STD 2016 werden diskutiert. Abschließend wird kurz auf die Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2017 (STDK 2017) eingegangen, die auf der Basis der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland Kompakt 2012 (STDK 2012) bei Verwendung der Zeitskala der STD 2016 entstand.

Schlüsselwörter

Geologische Zeitskala, Lithostratigraphie, Fazies, Korrelation, radio-isotopische Altersbestimmung, Ereignisse, Leithorizonte, Folgen

Abkürzungen

DSK – Deutsche Stratigraphische Kommission, **ESTD 2005** – Erläuterungen 2005 zur Stratigraphischen Tabelle

von Deutschland 2002, **ESTD 2017/18** – Erläuterungen 2017/18 zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016, **GSS** – Globale Stratigraphische Skala, **GSSP** – Global Stratotype Section and Point, **GTS 1982, 1990, 2004, 2012** – Geological Time Scale 1982, 1990, 2004, 2012, **ICS** – International Commission on Stratigraphy, **ISSC** – International Commission on Stratigraphic Classification, **MIS** – Marine Isotope Stage, **RIA** – Radioisotopische Altersbestimmung(en), **RSS** – Regionale Stratigraphische Skala, **STD 2002** – Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002, **STD 2016** – Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016, **STDH 2012** – Stratigraphische Handtabelle von Deutschland 2012, **STDK 2012** – Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2012, **STGC 2012** – Stratigraphic Table of Germany Compact 2012, **STDK 2017** – Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2017

1. Intention und Realität

Die Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016) ist die aktualisierte Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002 (STD 2002). Sie spiegelt das gegenwärtige stratigraphische Wissen wider. Beide Tabellen sind Momentaufnahmen, denn auch in der Stratigraphie ist die Veränderung die einzige Konstante.

Der zeitliche Rahmen für die STD 2016 war knapp: Sie sollte zum 35. Internationalen Geologenkongress in Kapstadt vorliegen. Die einzelnen Zeitabschnitte sind unterschiedlich intensiv durchgearbeitet worden. Einerseits hatten Subkommissionen, die ihren oft noch unvollständigen Entwurf erst wenige Monate vor dem Druck nach Potsdam zum Einfügen in die Gesamttabelle gaben, nur sehr beschränkte Zeit für Änderungen und Ergänzungen. Andererseits waren immer wieder modifizierte Entwürfe wie im Jura, deren Umarbeiten sehr aufwändig war, zum Glück nicht die Regel.

Sehr viele Akteure erledigten ihre Arbeit für die STD 2016 inoffiziell, wenn auch geduldet, neben ihren Dienstaufgaben, denn derzeit sind die zweieiigen Zwillinge Regionale Geologie und Stratigraphie an deutschen Universitäten und Museen, in Forschungsinstituten und Geologischen Diensten keine Schwerpunkte, obwohl sie die Grundlage allen geologischen Schaffens sind. Der Bedarf an solchem Wissen ist immens und so wurden die verschiedenen Stratigraphischen Tabellen für Deutschland hierzulande zur meistgedruckten geologischen Publikation. Insgesamt sind zwischen 2002 und 2017 unter der Schirmherrschaft der Deutschen Stratigraphischen Kommission (DSK) **105 000 Stratigraphische Tabellen von Deutschland gedruckt** worden: (1) 6 000 STD 2002, (2) 30 000 Stratigraphische Tabellen von Deutschland Kompakt 2012 (STDK 2012), (4) 18 000 Stratigraphic Tables of Germany 2012, condensed version (STGC 2012), (5) 30 000 Stratigraphische Handtabellen von Deutschland 2012 (STDH 2012), (6) 6 000 STD 2016 und (7) 15 000 Stratigraphische Tabellen von Deutschland Kompakt 2017 (STDK 2017), wobei gilt: „Most geologists know the basics of the time scale, but haven't memorized the specifics (Lucy Edwards 06/2017 in einer Diskussion der Internationalen Subkommission für Stratigraphische Klassifikation (ISSC) über den Status von 'subseries / subepochs' im Känozoikum). Der Verkauf der STD 2016 geht schleppend voran, da die kostenfrei erhältliche STDK (zusammen 63 000

Exemplare) zu ihr in direkter Konkurrenz steht und alle Tabellen zudem im Internet verfügbar sind (www.stratigraphie.de/).

Die STD 2016 gibt es auch wegen einer stimulierenden Wette: „Eine 2. Tabelle wird es nicht geben.“ Dies galt es zu widerlegen, obwohl manche Mühe der Ebene absehbar war:

(1) Die 15 Geologischen Dienste der Bundesländer und der Bundeshauptstadt Berlin haben ihre eigenen stratigraphischen Standards, die sich bestenfalls teilweise in der Tabelle wiederfinden können.

(2) Viel mehr Personen wollten bei der Zweitaufgabe mitreden, z. B. darüber, ob eine Schichtenfolge weit aushaltende große Schichtlücken enthält oder nicht oder bei der Kalibrierung der geologischen Zeitskala.

(3) Übervolle Vorlagen mussten auf ihren Kern reduziert werden.

(4) Eigenmächtig und entgegen der Vorgabe wurden zuweilen Schichten als Formationen klassifiziert, ohne dass es dafür eine Freigabe einer Subkommission gab.

(5) Trotz der Bemühungen, die nur wenigen Regeln durchzusetzen, Abfolgen zu generalisieren und tragfähige Kompromisse zu finden, ist auch die Tabelle 2016 trotz spürbarer Verbesserungen gegenüber der STD 2002 bereichsweise inhomogen. So gibt es Brüche nicht nur zwischen einigen Systemen, sondern auch innerhalb eines Systems: Z. B. konnte das Karbon des Schwarzwaldes nicht in einer Säule untergebracht werden und in der Unterkreide steht die Helgoländer-Düne-Subformation ganz links, die hangende Helgoland-Formation der Oberkreide aber weit rechts.

(6) Andere Probleme konnten dagegen gelöst werden. So gibt es in der Unterkreide der STD 2002 den Begriff 'Tonstein' 20 Mal ohne einen dazugehörigen Lokalnamen. Stattdessen stehen in der STD 2016 zwischenzeitlich eingeführte regelgerechte Namen, die sich nach und nach einbürgern dürften, und das Quartär erhielt ein völlig neues Gesicht durch die überfällige Aufnahme wichtiger in geologischen Karten dargestellter Einheiten wie der Sedimente des Drenthe- und Warthe-Stadiums sowie zahlreicher lithostratigraphischer Einheiten.

(7) Weithin ist es auch gelungen, möglichst viele gebräuchliche stratigraphische Einheiten darzustellen mit ihren aktuellen Namen und gelegentlich auch noch mit ihren eingebürgerten, aber inzwischen obsoleten Namen in Klammern.

Mit der STD 2002 wollte die DSK (1) einen Beitrag zum 'Jahr der Geowissenschaften 2002' leisten, (2) nach der Wiedervereinigung 1990 erstmals eine generelle Übersicht über stratigraphische Einheiten und Abfolgen Deutschlands geben, (3) den geologischen Akteuren und Interessierten den Umgang mit der Stratigraphie spürbar erleichtern und (4) einen Vorschlag zur Harmonisierung der stratigraphischen Einheiten Deutschlands und ihrer oft überaus komplizierten und widersprüchlichen Nomenklatur machen.

Die STD 2002 entstand in dem Bewusstsein, etwas Außergewöhnliches zu schaffen. Das Projekt war terminiert durch das 'Jahr der Geowissenschaften 2002'. Auf Zuruf entwickelten kleine Gruppen 2001/2002 die Schemata für die einzelnen Zeitabschnitte, die untereinander zumeist nicht abgestimmt werden konnten. Dazu stand in einer Besprechung wohlwollend: „Man hat den Eindruck, dass bis direkt vor die Drucklegung an der Tabelle gearbeitet wurde.“ Mit diesem Freispruch tolerierte der Gutachter manche Unebenheit: Einer Pionierarbeit verzeiht man einiges.

Bis zur Zweitaufgabe der STD im Jahr 2016 hat es nicht wie gedacht fünf bis zehn, sondern 14 Jahre gedauert. Zwischenzeitlich wurde auf der Basis der STD 2002 die Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2012 (STDK 2012) geschaffen, die auch Lagerstätten, Rohstoffe, Speicher und einige Fossilien aufführt. Dieses Konzentrat von 200 Jahren regionalgeologischer und stratigraphischer Arbeit in Deutschland auf einem A4-Blatt erfreut sich wegen seiner leichten Handhabbarkeit allergrößter Beliebtheit. 2017 wurde die STDK 2012 zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland Kompakt 2017 (STDK 2017) aktualisiert unter Verwendung der Zeitskala der STD 2016. Alle diese Tabellen sind unter www.stratigraphie.de/ zu finden, wobei auch einzelne Zeitabschnitte der STD 2016 verfügbar sind.

Jede Stratigraphische Tabelle ist ein Modell, ein akademischer Versuch, mit einem Schema der Realität möglichst nahe zu kommen. Das beginnt mit der Zeitskala: Wenn 100 Personen aus den vorhandenen heterogenen Daten eine Geologische Zeitskala ableiteten, so wären wohl nicht zwei identisch. Auch können nicht alle Schichtenfolgen dargestellt werden, die es wert sind. Die Auswahl und Breite ihrer Darstellung ist immer auch subjektiv. Die minimale Schriftgröße von 6 Punkt begrenzt die Menge der Begriffe und Übersichtlichkeit geht zuweilen vor Datenvolumen, so dass auch einige regional wichtige Abfolgen leider fehlen bzw. nicht alle Einheiten einer Abfolge dargestellt werden konnten. Die zeitliche Einstufung vieler regionaler und lokaler stratigraphischer Einheiten in die Globale Stratigraphische Skala ist variabel und nicht endgültig. Pfeile an zahlreichen Schichtgrenzen verdeutlichen dies, wobei ich mir noch mehr solcher (Unsicherheits-) Pfeile gewünscht hätte.

Einerseits ersparen die Tabellen der DSK oft ein aufwändiges Abwägen verschiedener Meinungen, indem man sich auf die Kommission berufen kann. Für viele geologische Arbeiten reichen sie aus; vor allem aber erleichtern sie die allgemeine Verständigung. Andererseits verweist der Leitspruch in den Erläuterungen 2005 zur STD 2002 (ESTD 2005) *How many years does a mountain exist before it is washed to the sea? The answer my friend is blowin' in the wind ...* (Bob Dylan) auf unsere oft nur sehr beschränkten Kenntnisse über die Zeitlichkeit geologischer Prozesse.

Zwar ist die standardisierende Kraft der Tabellen groß, aber auch begrenzt, denn: *Science does not operate on democratic principles; the really fruitful scientists are the non-*

conformists, the revolutionaries, those who refuse to accept the majority point of view. To such people ... Codes are anathema (Allen 1966), weil selbst die besten Mehrheitsbeschlüsse zuweilen nicht der Weisheit letzter Schluss sind. Doch ohne Regeln und Beschlüsse geht es ebenso wenig.

Eine Stratigraphische Empfehlung ist der akademische Versuch, einen Rahmen für die Klassifizierung und Benennung von geologischen Schichten und Ereignissen vorzugeben. Im Vergleich dazu ist eine stratigraphische Tabelle viel komplexer. Mit ihr wird versucht, die stratigraphischen Einheiten einer Region stark generalisiert wiederzugeben und dabei den variablen Stratigraphischen Empfehlungen zu folgen.

Stratigraphische Tabellen, die dem Leitspruch von Gottfried Wilhelm Leibniz von 1700 folgen: „Theoria cum praxi“ (Die Theorie mit der Praxis verbinden / Die Theorie nutzbar machen) und an denen viele Dutzend Fachleute mitarbeiten, können nur auf der Basis von Kompromissen und Toleranz bei gleichzeitiger Disziplin und Geduld sowie durch die Kombination von regionaler und globaler Stratigraphie gelingen.

Es ist unmöglich, die breitgefächerte Entwicklung der Geologie in Deutschland in einer Tabelle allgemein zufriedenstellend darzustellen, weil (1) die Entwicklung der Stratigraphie in verschiedenen deutschen Regionen, in verschiedenen Zeitabschnitten und auch global unterschiedlich verlief, (2) regionale Sichtweisen nicht selten eine große Rolle spielen, (3) nicht wenige stratigraphische Einheiten an politischen Grenzen enden statt an ihren geologischen.

Darüber hinaus müssen historische Entwicklungen, variable stratigraphische Empfehlungen und persönliche Standpunkte berücksichtigt werden wie (4) die wissenschaftliche Priorität (5) die variablen Regelwerke der Geologischen Dienste Deutschlands (6) die Stratigraphischen Empfehlungen für Deutschland und Österreich (Steininger & Piller 1999), (7) die Internationale Stratigraphische Empfehlung (Salvador 1994), (8) Beschlüsse deutscher Subkommission, die zuweilen dem Regelwerk der DSK widersprechen oder (9) die ´allerneueste´ Zeitskala aus dem Internet, auch wenn sie nicht zu der vereinbarten Zeitskala für die Gesamttabelle passt.

Nobody is perfect: Im letzten Beitrag werden Korrekturen an der STD 2016 tabellarisch aufgeführt, wobei einige von ihnen zudem in den Einzelbeiträgen Erwähnung finden. Erfreulicherweise sind es deutlich weniger als die 80 Korrekturen in den ESTD 2005. In den folgenden Kapiteln Känozoikum bis Neoproterozoikum sind einige Neuerungen gegenüber der STD 2002 sowie ausgewählte Probleme und Besonderheiten dargestellt.

2. Känozoikum

2.1 Quartär

(1) In der STD 2016 wird für das Quartär die Zeitskala der GTS 2012 genutzt. Das Quartär beginnt laut Beschluss der Internationalen Stratigraphischen Kommission (ICS) seit 2009 bei 2,6 (2,58) Ma mit dem Gelasium (Gibbard et al. 2010). Die ICS revidierte damit ihre frühere Festlegung, dass das Quartär bei 1,8 Ma mit dem Calabrium beginnt. Daraus ergibt sich für Mittel- und Westeuropa ein Quartär, das kurz vor dem Prätegelen-Komplex beginnt (vgl. Gibbard et al. 2004) statt wie zuvor mit dem Eburon-Komplex.

(2) Die vier Maßstabswechsel bei 29 ka, 126 ka, 380 ka und 780 ka sind unvermeidlich, um möglichst viele Begriffe ausgewogen auf der Tabelle darzustellen.

(3) Die Maßstabswechsel sind die Ursache dafür, dass die Stufen Gelasium und Calabrium mit zusammen 1,82 Ma auf den ersten Blick kürzer erscheinen als die jüngeren 0,78 Ma des Quartärs, die zum überwiegend normal polarisierten Brunhes-Chron gehören.

(4) In der Globalen Stratigraphischen Skala stehen die Stufennamen „Ionium“, „Tarantium“, „Grönlandium“, „Nordgrippium“ und „Meghalayium“ in Anführungszeichen, weil sie informell sind.

(5) Hinsichtlich der Terminologie hat sich die deutsche Subkommission für Quartärstratigraphie für die Nutzung der Kategorien Unter-, Mittel- und Ober entschieden, statt für Früh-, Mittel- und Spät- wie der Koordinator der Tabelle. Als Kompromiss stehen in der Spalte 'Klimatostratigraphie Mitteleuropa' Unter-, Mittel- und Oberpleistozän als empfohlene Begriffe in Fettschrift sowie Frühes, Mittleres und Spätes Pleistozän in Normalschrift. **Sofern geochronologische Begriffe genutzt werden, empfehle ich Frühes Pleistozän / Frühpleistozän statt Altpleistozän und Spätes Pleistozän / Spätpleistozän statt Jungpleistozän, um Kongruenz mit den englischen Begriffen 'Early' und 'Late' herzustellen.**

(6) Ein Hauptproblem im Quartär ist die Korrelation der höchst lückenhaften und variablen kontinentalen Abfolgen mit ihren Glazialen und Interglazialen, die zu erheblichen Teilen nur unsicher datiert sind, zu der numerisch präzise geeichten marinen Standardskala: "Isotope studies from the bottom sediments of the world's oceans have indicated as many as 52 Quaternary glacial/interglacial cycles and have clearly shown that the continental evidence can be very fragmentary. ... In reality, there are very few means of directly and reliably correlating between the ocean and terrestrial sediment sequences" (Pillans & Gibbard 2012: 995).

(7) So wird die **Holstein-Warmzeit** (zwischen Elster-Kaltzeit und Saale-Komplex) den Marinen Isotopen Stadien (MIS) 11 oder 9 oder 7 zugeordnet. Die Subkommission für Quartärstratigraphie korreliert das Holstein-Interglazial mit der MIS 9, so auch in der STD 2016. Danach fand die Holstein-Warmzeit etwa zwischen 320 ka und 300 ka statt.

(8) Alternativ und vor allem international favorisiert ist die Korrelierung der Holstein-Warmzeit mit der MIS11 wie z. B. bei Gibbard et al. (2004). Im Unterschied zu der STD 2016 hätte die

- Holstein-Warmzeit so (a) ein Alter von etwa 400 ka bis 380 ka. (b) Der **Saale-Komplex** würde etwa von ca. 380 ka bis ca. 126 ka dauern und wäre damit um ca. 80 ka länger und auch vielgliederiger. (c) Die **Elster-Kaltzeit** würde nicht mit der MIS 10, sondern mit der MIS 12 korreliert und wäre damit deutlich älter. (d) Der **Cromer-Komplex** würde mit der MIS 13 enden und nicht mit der MIS 11 und hätte dann nur vier statt fünf Warmzeiten. (e) Aktuell kommen Lauer & Weiss (2018) auf der Basis von Lumineszenz-Datierungen an Proben aus dem Raum Leipzig-Halle zu dem Ergebnis, dass die Elster-Kaltzeit mit der MIS 12 und die Holstein-Warmzeit mit der MIS 11 korreliert und dass somit der Saale-Komplex mit der MIS 10 beginnt. (f) Unabhängig von der Zuordnung des Holstein-Interglazials zu der MIS 11 oder MIS 9 ist der Saale-Komplex kürzer als der Cromer-Komplex; nur infolge des Maßstabswechsels der Zeitachse bei 380 ka erscheint er länger als der Cromer-Komplex.
- (9) International unumstritten wird die **Eem-Warmzeit** der MIS 5e zugeordnet: Sie reicht von ca. 126 ka bis ca. 115 ka.
- (10) Die **Weichselhauptvergletscherung** dauert ca. 15 ka (ca. 29–14 ka). In der STD 2016 erscheint sie optisch länger als die spätsaalezeitliche Vereisung (Drenthe- und Warthe-Stadium), die ca. 65 ka (ca. 190–126 ka) lang ist. Ursache dafür sind die Maßstabswechsel bei 29 ka und 126 ka.
- (11) Die norddeutschen Stadiale sind asymmetrisch dargestellt um zu zeigen, dass der Eisaufbau der skandinavischen Gletscher langsam voranschritt im Unterschied zu ihrem viel schnelleren Vordringen und Abschmelzen. Dagegen gibt es im Süden Deutschlands für eine derartige Asymmetrie der Gebirgsvergletscherungen keine Hinweise und damit symmetrisch dargestellte Stadiale.
- (12) 2016 sind zu den klimatostratigraphischen Einheiten eine große Zahl von lithostratigraphischen hinzugekommen (Bittmann et al. 2018, dieses Heft).

2.2 Tertiär

- (1) Für die Globale Stratigraphische Skala wurden die auf 0,1 Ma gerundeten Alter der GTS 2012 übernommen, während die für die STD 2016 vorgegebene Rundung der Stufenalter auf 0,5 Ma von der Subkommission Tertiär nicht umgesetzt wurde. Die Rundung hätte den irreführenden Eindruck einer nur rechnerischen Genauigkeit vermieden, die allein schon dadurch offenkundig ist, dass die absoluten Alter zwischen der GTS 2004 und der GTS 2012 für die Stufen Serravallium, Priabonium, Lutetium, Ypresium, Thanetium und Danium um ≥ 1 Ma differieren. Diese Differenz stellt die Zeitangaben der GTS 2012 in Millionen Jahren auf eine Stelle nach dem Komma in Frage. Noch gravierender ist, dass die meisten tertiären Schichten Deutschlands bei weitem nicht auf 0,1 Ma genau mit der Globalen Stratigraphischen Skala korreliert werden können. **Deshalb beugt jegliche Rundung in der**

STD 2016 einer potenziellen Überinterpretation bezüglich des absoluten Alters und der Dauer stratigraphischen Einheiten Mitteleuropas vor.

(2) Die Zeitliche Auflösung des Tertiärs in der STD 2016 ist höher als in der Kreide und geringer als im Quartär, so dass man den zeitlichen Umfang der Einheiten nur innerhalb des Tertiärs optisch in etwa vergleichen kann.

(3) Die zeitaufwändigen Arbeiten am Tertiär der STD 2016 waren kompliziert, nicht zuletzt auch, weil von den vier vorgesehenen Tertiär-Bänden der 'Stratigraphie von Deutschland' bisher nur der Band 'Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete' (Deutsche Stratigraphische Kommission 2011) existiert und die dortige Benennung, Reichweite und Klassifizierung zahlreicher Schichten bereits wieder geändert wurde, insbesondere im badischen Teil des Oberrheingrabens. Wegen der ausstehenden Tertiär-Bände NE-Deutschland, NW-Deutschland und Molassebecken gibt es mit Ausnahme des Letzteren (s. Janssen et al. 2018, dieses Heft) keine von der DSK erarbeiteten Korrelationsschemata für diese Gebiete und es gibt auch kein Korrelationsschema für ganz Deutschland, auf das sich die STD 2016 hätte stützen können. So ist es bereits ein Fortschritt, dass die Erläuterungen zum außeralpinen Tertiär der STD 2016 hier in nur einem Artikel zusammengefasst sind im Unterschied zu den ESTD 2005 mit sieben außeralpinen Tertiär-Beiträgen.

(4) Die regionale Kleinteiligkeit und lithostratigraphische Differenziertheit des Tertiärs und das Fehlen großflächiger Transgressionen, abgesehen von der Rupel-Transgression, sowie das häufig faziesbedingte Fehlen biostratigraphischer Marker erschweren die Korrelation seiner Schichten ungemein. Wie ein Blick auf die STD 2016 zeigt, ist die Schichtenvielfalt im Tertiär am ehesten mit der im Rotliegend zu vergleichen und dies erklärt auch die außerordentlichen Korrelationsprobleme in diesen beiden Zeitabschnitten.

(5) Neu gegenüber der STD 2002 ist das Profil Wetterau/Hanauer Becken, das aus dem Profil Hessische Senke ausgegliedert wurde. In der Hessischen Senke/Wetterau fallen vier Paläoböden durch ihre violette Farbe auf, wobei am Vorschütz-Paläoboden und an der Mardorf-Erz-Formation Pfeilketten nach unten anzeigen, dass diese Böden über sehr lange Zeiträume entstanden sein dürften.

(6) Nicht wenige Schichten haben gegenüber der STD 2002 neue Namen. Zugunsten der Verständigung stehen hinter den neuen häufig die traditionellen Namen in Klammern.

(7) Das vollständigste Profil für das Späte Miozän und Pliozän bildet die Schichtenfolge in SW-Mecklenburg (von Bülow, schriftl. Mitt. 2015), zumindest was NE-Deutschland betrifft. Im Unterschied zur STD 2002 zeigt die STD 2016 dort eine lückenlose Abfolge.

(8) Beim Einfügen des besonders differenziert dargestellten Oligozäns und Miozäns des Molassebeckens in die STD 2016 wurde dem Wunsch der Bearbeiter gefolgt, obwohl dies einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeutete. Derart detailliert und in folgedessen

unübersichtlich ist kein anderer Teil der Tabelle geraten. Anderenorts wurde auf Schichten mit einer Dauer von 0,1 und 0,2 Ma zugunsten des Gesamtbildes verzichtet. Prinzipiell zu diskutieren ist, ob diese sehr geringmächtigen Einheiten als Formationen oder eher als Subformationen klassifiziert werden sollten.

(9) Das Tertiär NE-Deutschlands ist unterrepräsentiert hinsichtlich seiner flächigen Verbreitung, Mächtigkeit und (ehemaligen) wirtschaftlichen Bedeutung. Dort im Nordosten steht das vollständigste Tertiär-Profil Deutschlands an. In der DDR wurden in den 1980er Jahren bis zu 300 Millionen Tonnen Rohbraunkohle pro Jahr gefördert – ein Viertel der Weltproduktion. Die systematische geologische Vorfelderkundung, ermöglicht mit Milliarden-Investitionen, hat zu einem einmaligen Datenschatz geführt. Leider scheint die Chance dahin, ihn in einem Band der 'Stratigraphie von Deutschland' für die Allgemeinheit aufzubereiten.

In der STD 2016 ist die tertiäre Schichtenfolge NE-Deutschlands zugunsten der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit stark generalisiert worden. Die Anordnung der Abfolgen entspricht deshalb nicht immer den nachvollziehbaren Vorstellungen der Hauptbearbeiterin und Probleme gab es zudem dadurch, dass die Geologischen Dienste mehrerer Bundesländer darauf drängten, Teile ihrer Standardgliederungen zu integrieren (siehe Standke in Janssen et al. 2018, dieses Heft).

(10) Überpräsentiert sind die tertiären Kohlen am Niederrhein im Vergleich zu anderen Gebieten und insbesondere im Vergleich zum Ruhr-Karbon. Um die Zahl der Kohlesymbole nicht noch weiter zu erhöhen, zeigen zwei oben-unten-Pfeile, dass es am Niederrhein mehr Flöze als Kohlensymbole gibt.

(11) Das Tertiär NW-Deutschlands (Niedersachsen, besonders auch Schleswig-Holstein) ist dank zahlreicher Bohrungen relativ gut untersucht und lithostratigraphisch entsprechend fein differenziert. Es wurde versucht, einen Kompromiss zu finden zwischen zu kleinteiliger und zu generalisierender Darstellung.

(12) Im Oberrheingraben sind die stratigraphischen Gliederungen der Bundesländer Hessen und Baden-Württemberg nicht kompatibel. Dies zu überspielen gelang mehr oder weniger dadurch, dass die Einen vor allem nördliche, die Anderen mehr südliche Einheiten beisteuerten. Ein Beispiel für verbliebene Probleme sind die Pechelbronn-Schichten: In der STD 2002 reicht die 'Pechelbronn-Gruppe' vom mittleren Priabonium bis ins mittlere Rupelium (ca. 36–32 Ma); dagegen beginnt die 'Pechelbronn-Formation' in der STD 2016 im südlichen Oberrheingraben bereits im Lutetium bei ca. 45 Ma, weil die dort erbohrte 'Pechelbronn-Fazies' viel früher einsetzt als weiter nördlich. Dies ist eine völlige Abkehr vom Bisherigen, sollte aber künftig unbedingt diskutiert werden, weil es hier um ein Kernproblem der Stratigraphie geht: **Wo ziehen wir in Deutschland Grenzen zwischen stratigraphischen Einheiten: Mit Blick auf Lagerstätten nach der Fazies wie in den USA**

üblich und übernommen von Hedberg (1976) in die Internationale Stratigraphische Empfehlung und heute weithin angewendet, oder wo nutzen wir besser Litholeithorizonte oder sonstige Marken für eine zeitrelevante, quasi-isochrone klassische Grenzziehung entsprechend der deutschen und europäischen Tradition, die eine zeitliche Sicht auf unsere Erdentwicklung begünstigt (s. auch Kapitel 3.3 (8) und Menning 2018).

3. Mesozoikum

3.1 Kreide

(1) Für die Kreide in der STD 2016 wurden die Zeitskalen der GTS 2012 und der ICS 2012 kombiniert bei Rundung ihrer Stufenalter auf 0,5 Ma (vergl. Hiss et al. 2018, dieses Heft). Dabei wurden dort nicht immer die nächstliegenden 0,5 Ma gewählt, wo Altersunterschiede zu früheren Zeitskalen begrenzt werden sollten und wo es um die Lesbarkeit ging. So wurde die Dauer des Coniaciums (89,8 bis 86,3 Ma in der GTS 2016 und in der 'Chart' der ICS 2016) auf 2,5 Ma reduziert, um die benachbarten Stufen Turonium und Santonium leicht zu verlängern, damit in sie gehörende Formationen besser lesbar sind. Hier wurde zugunsten der Handhabbarkeit der Tabelle entschieden, wobei es gut zu wissen ist, dass die Basis des Coniaciums noch nicht mit einem GSSP (Global Stratotype Section and Point) definiert wurde und die Dauer der Stufe damit vorläufig sein dürfte.

(2) Seit der GTS 1982 (Harland et al. 1982) dominiert für die Jura-Kreide-Grenze das Alter von 144/145/145,5 Ma (vgl. Kompilation in den ESTD 2005: Taf. XIa), obwohl es kaum relevante RIA um diese Grenze herum gibt (vgl. GTS 2012: 1056). In der STD 2016 sind es ca. 145 Ma, während **ich zuvor in allen Tabellen für Deutschland das Kompromissalter ca. 142 Ma gewählt hatte. Für deutsche Belange ist es allerdings unerheblich, ob für die globale Zeitskala 145 Ma oder 142 Ma gewählt werden, denn aus Mitteleuropa gibt es keine RIA, die mit ihr in Einklang zu bringen wären.** Aktuell geben Tripathy et al. (2018) für die Grenze Jura-Kreide ein Re-Os-Modellalter zwischen 144,5 und 142 Ma an.

(3) In der STD 2016 sind die in der STD 2002 lediglich mit 'Tonstein' bezeichneten 20 Unterkreide-Einheiten sowie einige traditionelle Name durch regelkonforme Namen ersetzt worden und zur Abgrenzung vieler Formationen werden neu eingeführte 'Grenzmarker' benutzt (siehe linke Spalte)!

(4) Zahlreiche neue Formationen gibt es darüber hinaus in der Oberkreide (Niebuhr et al. 2007), die auch bereits in Litholex (Lithostratigraphisches Lexikon) eingestellt und damit leicht zugänglich sind (<http://www.stratigraphie.de/LithoLex/index.html>). Hier wurden traditionelle Einheiten in formell durch Typusprofile definierte Einheiten überführt mit dem Ziel, die Gliederung möglichst zu belassen. Traditierte Namen wurden, soweit möglich, bewahrt (z. B. wurde aus dem „Essener Grünsand“ die Essen-Grünsand-Formation).

Umbenennungen waren aber nicht immer vermeidbar: So wurde beispielsweise aus den „Cenoman-Mergeln“ die Herbram-Formation und aus der „Grauweißen Wechselfolge“ die Erwitte-Formation (M. Wilmsen, schriftl. Mitt. 01/2018).

(5) In Norddeutschland eingeführt wurden für die Unterkreide die Plänerkalk-Gruppe, die Minden-Braunschweig-Gruppe und die Bückeberg-Gruppe, wobei Letztere in der STD 2002 Bückeberg-Formation hieß und davor als 'Wealden' firmierte. Die Bückeberg-Gruppe besteht aus sich lateral vertretenden Formationen, der Isterberg-, Oesede-, Deister- und Fuhse-Formation. Neu in der Oberkreide sind die Plänerkalk-Gruppe, die Münster-Gruppe und die Schreibkreide-Gruppe als regional-fazielle Großeinheiten.

(6) Als Oberbegriff für die sächsische Kreide wurde die 'Elbtal-Gruppe' und für die außeralpine Kreide Bayerns die 'Danubische-Kreide-Gruppe' (Niebuhr et al. 2014) eingeführt.

(7) Auffällig in der STD 2016 ist der Unterschied zwischen der vorwiegend flachmarinen Fazies im Jura und der vorwiegend tiefermarinen in der Kreide. "Nach dem Abfall des Meeresspiegels im Jura/Kreide-Grenzbereich kam es in weiten Teilen NW-Europas zur Ablagerung kontinentaler bis randmariner Sedimente des Wealden oder zur Ausbildung von Schichtlücken. Mit dem Valanginium und insbesondere vom Albium an kam es bis in die frühe Späte Kreide hinein zu einem starken Anstieg des eustatischen Meeresspiegels auf bis zu 250 m über den heutigen Werten" (Haq 2014). Dies führte zu einer zunehmenden Eintiefung und in der Späten Kreide zu einer Ausbreitung ozeanischer Wassermassen auf Schelfgebiete infolge des Zusammenbrechens der Schelffrontsysteme (Hay 1995), kenntlich an der Ausbreitung der pelagischen Schreibkreidesedimentation in weiten Teilen NW-Europas. **"Die Kreide-Meere waren also größtenteils tiefer als im Jura"** (M. Wilmsen, Dresden, schriftl. Mitt. 01/2018).

3.2 Jura

(1) Wie für die Kreide wurde auch die Zeitskala für den Jura der STD 2016 aus den Skalen der GTS 2012 und der ICS 2012 gemittelt bei Rundung der Stufenalter auf 0,5 Ma. Eine Ausnahme bildet das Hettangium, das um 0,5 Ma auf 2,5 Ma erweitert wurde zu Lasten des Sinemuriums (8 Ma), damit die stratigraphischen Einheiten in der RSS gut lesbar sind. Bis zum Jahr 2008 hatte das Hettangium in allen Zeitskalen eine Dauer von ≥ 3 Ma (vgl. auch ESTD 2005: Anl. XIa) und es bleibt abzuwarten, ob seine Dauer von nur 2 Ma in der GTS 2012 Bestand haben wird.

(2) Die Dauer des Mittleren Juras in der STD 2002 von 21,5 Ma basiert auf Pálffy et al. (2000). In der GTS 1982 war sie 25 Ma und bei Odin (1982) sogar 30 Ma. Die Dauer wurde in der GTS 2004 auf 14,4 Ma und in der GTS 2012 weiter auf 10,5 Ma reduziert. Inwieweit sich diese drastische Kürzung stabilisiert, wird sich zeigen. Zu diesem Problem gibt es aus

Mitteleuropa mangels Tuffen zwar keine U-Pb-Alter, wohl aber sollten endlich Re-Os-Altersbestimmungen an allen Schwarzschiefern durchgeführt werden, die nicht von vornherein ungeeignet sind, z. B. wegen zu kleiner Isotop-Gehalte, um die jurassische Zeitskala mit Proben aus Mitteleuropa dort zu verifizieren, wo dies potenziell möglich erscheint.

(3) Infolge der Halbierung des Mittleren Juras von 21,5 Ma in der STD 2002 auf 10,5 Ma in der STD 2016 sind hier einerseits die lithostratigraphischen Einheiten dicht gedrängt und andererseits im Frühen Jura sehr lang. Dies ist aber nicht unplausibel, weil etliche seiner Formationen nur relativ geringmächtig sind (E. Mönning, Coburg, DSK-Diskussion in Köln 02/2017).

(4) Die Herabstufung der seit über einhundert Jahren in Norddeutschland formal genutzten Termini Lias, Dogger und Malm zu informellen Begriffen und ihre Ersetzung durch die Einheiten Schwarzjura-Gruppe, Braunjura-Gruppe und Norddeutscher Malm halte ich für unglücklich (vgl. STD 2002, STDK 2012), zumal Lias, Dogger und Malm auch in Polen und den Niederlanden in Gebrauch sind und dort weiter genutzt werden dürften. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich diese Entscheidung von 2016 der Subkommission für Jura-Stratigraphie in der Praxis bewährt und inwieweit sie nicht vor allem von Personen, die für Thesauri verantwortlich sind und in Süddeutschland arbeiten, verwendet werden wird.

(5) Schichtlücken sind im Jura im Vergleich zu anderen Zeitabschnitten biostratigraphisch überaus gut zu fassen. Sie sind in der STD 2016 deshalb kleinteiliger dargestellt als in anderen Teilen der Tabelle. Natürlich sind auch sie stark generalisiert und nur dann dargestellt, sofern sie geschätzt $\geq 0,5$ Ma dauern. Einige kürzere Schichtlücken sind als Wellenlinien eingezeichnet (Mönning et al. 2018, dieses Heft).

3.3 Trias

(1) Die sehr gut begründete Zeitskala der Trias der STD 2016 vom Indusium bis zum Ladinium ist in den ESTD 2005 entwickelt worden (Menning et al. 2005). Dagegen gibt es bei der numerischen Kalibrierung der Späten Trias gravierende Probleme. In der globalen Zeitskala der STD 2016 sind daher für die Späte Trias die beiden in der GTS 2012 vorgeschlagenen Optionen dargestellt: 'Langes Rhätium' und 'Langes Tuvalium'. Die Varianten 'Keuper A - Diskontinuität' und 'Keuper B - Kontinuität' beziehen sich beide auf die Option 'Langes Tuvalium' (s. Nitsch 2018, dieses Heft).

(2) Die Dauer der drei Epochen der Trias war bereits in der STD 2002 sehr unterschiedlich (ca. 7 : 13 : 31 Ma). Dieses Ungleichgewicht hat sich in der STD 2016 noch verstärkt. Doch auf Grund der zahlreichen in sich konsistenten RIA in der Frühen und Mittleren Trias wird

sich daran mit Sicherheit nichts mehr ändern. Die aus den Alpen, Ungarn and China stammenden RIA sind biostratigraphisch gut korreliert und numerisch in sich konsistent. Für die Untergrenze des Karniums wurde mit 235 Ma das jüngste Alter angesetzt, das die RIA zulassen, um der Frühen und Mittleren Trias möglichst breiten Raum einzuräumen. In der STD 2016 dauert die Frühe Trias nur ca. 5 Ma, die Mittlere Trias $\leq 12,5$ Ma und die Späte Trias $\geq 33,5$ Ma. Daraus ergibt sich für die Germanische Trias ein vergleichbares Ungleichgewicht: Die Ablagerung des Buntsandsteins dauerte ca. 6,3 Ma, des Muschelkalks bis zu 7 Ma und des Keupers ca. 38 Ma (siehe tiefer: (5), (6)). Die auf 0,5 Ma gerundeten Alter von 252,5 / 252,0 Ma und 201,5 / 201,0 Ma für die Unter- und Obergrenze der Trias werden voraussichtlich stabil bleiben.

(3) Im Keuper zeigt die STD 2016 die alternativen Modelle A 'Diskontinuität' und B 'Kontinuität'. Es wird sehr empfohlen, die Argumente Für und Wider (Nitsch 2018, Franz et al. 2018, beide dieses Heft) zu lesen, weil sie grundsätzliche geologische Probleme und nicht nur den Keuper betreffen.

(4) In weiten Teilen des Germanischen Beckens gibt es eine ungewöhnlich große Zahl von **Litholeithorizonten**. In Kombination mit Bohrlochmesskurven und Gamma-Ray-Messungen in Tagesaufschlüssen, die den Tongehalt der Sedimentgesteine widerspiegeln, erlauben diese Horizonte eine quasi-isochrone Korrelation. **Dieser gravierende Vorteil wurde genutzt, um regionale geochronologische Einheiten, die als Folgen bezeichnet werden, zu definieren: s1 bis s7 im Buntsandstein, m1 bis m9 im Muschelkalk und k1 bis k6 im Keuper** (STD 2002, Menning et al. 2005, Subkommission Perm-Trias 2011). Die Folgen s1 bis m9 haben quasi-isochrone Grenzen. Sie bestehen aus sedimentären Zyklen, denen eine Milankovich-Dauer von je ca. 100 ka (kurze Exzentrizität) zugeschrieben wird. Z. B. besteht die Folge s1 aus zehn solchen Zyklen (Seidel 1965). Die daraus abgeleitete Zeitspanne von ca. 1 Ma ist bereits in die STD 2002 eingegangen. Sie ist unumstritten (Radzinski 1999) und dürfte sich nicht mehr ändern. Auch ist sie in die komplexe Bewertung der ca. 235 Zyklen der Germanischen Trias, des Zechsteins und des höchsten Rotliegend eingegangen, die Menning et al. (2005) aushalten.

(5) Umstritten ist dagegen die Zahl der Zyklen im Buntsandstein (s. Röhling et al. 2018, dieses Heft). In der STD 2016 hat der Buntsandstein eine Dauer von ca. 6,3 Ma, denn er besteht nach Käding (in Menning & Käding 2013: Abb. 6.3.1, Tab. 6.3.2-3) aus 63 Zyklen à 100 ka. Hingegen sehen Röhling (1993) und Geluk & Röhling (1997) allein in den Folgen s1 bis s6 72 Zyklen, zu denen noch eine nicht genannte Zahl von Zyklen in der Folge s7 kommt. H.-G. Röhling ist überzeugt davon, damit die vollständige Buntsandsteinabfolge erfasst zu haben, im Unterschied zu den 60 Zyklen von Szurlies und den 63 Zyklen von Käding (in Menning et al. 2005: Tab. 1).

(6) Nicht gesichert ist die Zahl der Zyklen im Muschelkalk, die in der STD 2016 eine Dauer von ca. 7 Ma hat entsprechend etwa 70 Zyklen à 100 ka: etwa 21 im Unteren Muschelkalk (Folgen m1–3), etwa 11 im Mittleren Muschelkalk (Folgen m4–6) und etwa 38 im Oberen Muschelkalk (Folgen m7–9) (Hagdorn et al. 2018). Dagegen besteht der Muschelkalk nach K.-C. Käding (Kassel, schriftl. Mitt. 2015) aus ca. 52 Zyklen à 100 ka: 22 im Unteren, 19 im Mittleren und nur 11 im Oberen Muschelkalk.

(7) Die Zahl von 63 Zyklen im Buntsandstein und von 70 im Muschelkalk der STD 2016 sowie ihre Interpretation als 100 ka-Zyklen ist konsistent mit den globalen radio-isotopischen Altersbestimmungen (RIA). Der Muschelkalk könnte aber auch kürzer und der Buntsandstein etwas länger sein als in der STD 2016 dargestellt, denn (1) ihre Korrelation mit den Stufen der Globalen Stratigraphischen Skala und (2) die Vertrauensbereiche der RIA lassen einen kleinen Interpretationsspielraum zu. Doch schließen sie einen Buntsandstein mit einer Dauer von 8 Ma oder mehr auf der Basis von 80 oder mehr Zyklen à 100 ka aus. Sollten mindestens 80 Zyklen existieren entsprechend H.-G. Röhring (Hannover, mdl. Mitt. 01/2018), so wären sie mit den RIA nur vereinbar, wenn sie ≤ 90 ka dauern würden und damit keine Milankovich-Zyklen wären.

(8) Die Gliederung der Schichtenfolge anhand quasi-isochroner Litholeithorizonte (Subkommission Perm-Trias 2011) bietet einen gravierenden Vorteil bei der Bewertung der Beckenentwicklung gegenüber einer Gliederung nach faziellen Gesichtspunkten mit in der Regel deutlich diachronen Schichtgrenzen. Dieses auch als 'Allostratigraphie' bezeichnete Konzept (vgl. Lutz et al. 2005) bedeutet z. B. an der Muschelkalk-Keuper-Grenze, dass das 'Grenzbonebed' als formelle Grenze zwischen den beiden Gruppen Muschelkalk und Keuper definiert wurde (Subkommission Perm-Trias 2011), auch wenn im nördlichen Deutschland die typisch klastisch-kohlige Fazies des Lettenkeupers bereits deutlich innerhalb der Muschelkalk-Gruppe einsetzt. Durch die Nutzung des Leithorizonts 'Grenzbonebed' haben die Gruppen Muschelkalk und Keuper in erheblichen Teilen des Germanischen Beckens eine quasi-isochrone Grenze (Subkommission Perm-Trias 2011; Hagdorn et al. 2018). Dasselbe trifft auf viele Formationen zu, insbesondere auf deren beckenzentrale Bereiche, die ebenfalls quasi-isochrone Grenzen haben, weil sie dort mit Zyklengrenzen zusammenfallen, die mit Hilfe von Bohrlochmessungen oft über große Distanzen sicher verfolgt werden können. Infolgedessen sind die Grenzen von Folgen und Formationen zu erheblichen Teilen identisch.

(9) Neu im Vergleich zur STD 2002 ist in der Trias die Schichtenfolge der Nördlichen Kalkalpen (ganz rechts auf der Tabelle; vgl. Teipel et al. 2018, dieses Heft). Damit reicht das Alpenprofil in der STD 2016 vom späten Perm mit dem Haselgebirge bis zum jüngsten Quartär mit dem Postglazialterrassenschotter.

4. Paläozoikum und Neoproterozoikum

4.1 Perm

- (1) Die Zeitskala für das Perm wurde aus der STD 2002 übernommen.
- (2) Während in der STD 2002 die Beckenfazies des Zechsteins entsprechend ihres flächigen Anteils an der Gesamtsedimentation dominierte (Käding 2005), sind in der STD 2016 Gesteine der Randfazies überproportional dargestellt. Für sie sind in den letzten Jahren zahlreiche neue Namen eingeführt worden, weil die in der Beckenfazies oft isochronen Schichtgrenzen sich zum Beckenrand hin verlieren und die Zechsteinsedimente dort stärker klastisch werden (s. Paul et al. 2018, dieses Heft).
- (3) Das Rotliegend der verschiedenen Teilbecken ist auf Grund seiner seltenen diagnostischen Fossilien nur ganz punktuell sicher zu korrelieren. Noch schwieriger ist die biostratigraphische Korrelation der kontinentalen Rotliegend-Ablagerungen mit dem vorwiegend marinen globalen Referenzprofil für das Cisuralium (Frühes Perm) in der Voruralsenke und mit dem vorwiegend kontinentalen Ablagerungen der Osteuropäischen Plattform mit Guadalupium- und Lopingium-Alter.
- (4) Wie bereits in der STD 2002 werden viele ausgesprochen unsichere Alterseinstufungen von Rotliegendeschichten untereinander und zur GSS auch in der STD 2016 durch Pfeile angezeigt.
- (5) Biostratigraphisch am besten zu parallelisieren sind das Saar-Nahe-Becken und das Thüringer Wald-Becken (Gebhardt et al. 2018, dieses Heft). Vergleicht man auf dieser Basis die radio-isotopischen Altersbestimmungen (RIA), so sind diejenigen aus dem Saar-Nahe-Becken systematisch älter als die aus dem Thüringer Wald (Menning et al. 2018). Dies stellt ein gravierendes Problem dar, denn für die Korrelation des Rotliegend mit der Globalen Stratigraphischen Skala (GSS) spielen RIA eine herausragende Rolle. Während Menning (1995) bis hin zu Menning et al. (2018) für die überregionale Korrelation stets RIA aus dem Saar-Nahe Becken nutzte, bevorzugten Lützner et al. (2012) RIA aus dem Thüringer Wald von Lützner et al. (2007), die Menning et al. (2018) als verjüngt betrachten.
- (6) Die Begriffe Unteres Rotliegend und Oberes Rotliegend werden richtigerweise auch von Nichtspezialisten kaum noch verwendet, (1) weil sich diese traditionellen Kartiereinheiten vom zeitlichen Umfang her in verschiedenen Becken oft sehr deutlich unterscheiden, (2) weil sie sich nicht sicher korrelieren lassen und (3) weil ihr stratigraphischer Rang unbestimmt ist.
- (7) Auch die Begriffe 'Autunium' und 'Saxonium' können nicht empfohlen werden, (1) weil das Autunium, abhängig vom Standort der Flora, zu verschiedenen Zeiten beginnen kann (Doubinger 1956) und weil die Basis des Saxoniums im Steinbruch Bromacker bei Tambach im Thüringer Wald mit Fährten definiert wurde, die anderweitig nicht nachgewiesen worden sind.

(8) Für das Rotliegend zeigt die STD 2016 die Varianten A und B. Variante A bezieht sich auf die vorgegebene Zeitskala und orientiert sich am Rotliegend der STD 2002. Vor ihrer Erstellung wurde ungebeten die Variante B mit 13 Profilspalten eingereicht, die die Zeitskala der GTS 2012 nutzt und die nun 70% des zur Verfügung stehenden Raums beansprucht. Der Koordinator der STD 2016 hat die Variante B akzeptiert, auch wenn für die vorgesehene Variante (A) so nur sehr wenig Platz zur Verfügung steht. Mehr zum Rotliegend der STD 2016 ist zu finden bei Menning et al. (2018) und Gebhardt et al. (2018, dieses Heft).

4.2 Karbon

(1) Die Zeitskala für das Silesium der STD 2016 mit den regionalen Stufen Namurium, Westfalium und Stefanium von Mittel- und Westeuropa, entspricht der der STD 2002. Sie basiert im Wesentlichen auf den klassischen Ar/Ar-Altersbestimmungen aus dem Heidelberger Laboratorium (Lippolt et al. 1984, Hess & Lippolt 1986). Die stratigraphische Position dieser RIA in unserer mitteleuropäischen Schichtenfolge ist genauestens bekannt. Unter Einbeziehung mittlerer gewichteter Mächtigkeiten ist aus ihnen eine Zeitskala abgeleitet worden (Menning et al. 2000), die nicht nur in Mittel- und Westeuropa, sondern weit darüber hinaus genutzt wird, z. B. in Form der DCP 2003 (Devonian-Carboniferous-Permian Correlation Chart 2003). Sie aufzugeben zugunsten von deutlich älteren U/Pb-Altersbestimmungen, im Wesentlichen vom Ural und aus dem Donezbecken (Schmitz 2012), müsste wohl abgewogen werden. Auf letzteren basieren die Alter der globalen Stufengrenzen der GTS 2012, die in der STD 2016 zum Vergleich dargestellt sind (links in der Spalte GSS).

(2) Die Zeitskala des Viseums in der STD 2016 entspricht nahezu der der STD 2002; lediglich die Grenzalter einiger regionaler Stufen von Großbritannien und Belgien sind auf volle Millionen Jahre aufgerundet worden. Noch nicht berücksichtigt worden ist in der STD 2016, dass die Basis das Serpukhoviums, definiert mit dem Conodonten *Lochriea ziegleri*, etwa in der Mitte des Brigantiums und nicht an dessen Obergrenze liegt (Dieter Korn, Berlin, schriftl. Mitt. 03/2018).

(3) Die Basis des Tournaisiums / Karbons liegt in der STD 2016 bei ca. 361 Ma auf Grundlage der RIA von Trapp et al. (2004) vom Hasselbach im Rheinischen Schiefergebirge anstatt bei ca. 358 Ma in der STD 2002, denn das SHRIMP-Alter von $353,7 \pm 4,2$ Ma (Claoue-Long et al. 1993) aus der frühen *Siphonodella sulcata*-Zone von derselben Lokalität (vgl. ESTD 2005: Taf. IV) hat sich als unzureichend erwiesen und wurde nicht mehr berücksichtigt (s. Menning et al. 2017).

(4) Im Rheinischen Schiefergebirge gibt es im Vergleich zur STD 2002 zahlreiche neue formelle Formationen, wobei hinter einigen die herkömmlichen, jetzt informellen Namen in

Klammern stehen. Die Formationen sind vier Gruppen zugeordnet: der **Kohlenkalk-, Drewer-, Medebach- und Möhne-Gruppe** (s. Korn 2010).

(5) Nicht wenige stratigraphische Einheiten des südöstlichen Rheinischen Schiefergebirges gehören zu rhenohertzynischen bzw. amerikanischen Decken (vgl. Herbig et al. 2017), die in der STD 2002 noch nicht dargestellt waren (s. auch Kapitel 4.3 (3)) und über deren Existenz debattiert wird.

4.3 Devon

(1) Für die STD 2016 wurde die globale Devon-Zeitskala auf der Basis der relevanten RIA aus Europa und Nordamerika aktualisiert (Menning et al. 2017), wofür die in der Zeitskala von Tucker et al. (1998) verwendeten RIA nach wie vor grundlegend waren. Das Emsium und Famennium sind bei weitem die längsten devonischen Stufen und das Pragium ist die kürzeste Stufe.

(2) Im Mittleren und Späten Devon der regionalen Stufengliederung sind sechs ausgewählte Ereignisse und Horizonte verzeichnet, von denen der Untere und Obere Kellwasser-Horizont, der Annulata-Horizont und der Hangenberg-Schwarzschiefer jeweils in mehreren Spalten der STD 2016 vorkommen.

(3) Im Unterschied zur STD 2002 sind zahlreiche Schichten des östlichen Rheinischen Schiefergebirges und einige Schichten des Südhazes Deckeinheiten, die z. T. umstritten sind, zugeordnet.

(4) Im westlichen Rheinischen Schiefergebirge sind durch Neukartierungen stratigraphische Einheiten hinzugekommen.

(5) Im Rheinischen Schiefergebirge sind Schichten mit Randfazies, die ins Frühe und Mittlere Devon gehören, besser und differenzierter dargestellt als in der STD 2002 (s. Schindler et al. 2017).

4.4 Silur

(1) Das Silur wird global in die vier Epochen Llandovery, Wenlock, Ludlow und Pridoli gegliedert. Diese vier sind weniger geologisch, sondern eher traditionell begründet. Die Dauer von 5–6 Ma von Wenlock, Ludlow und Pridoli entspricht lediglich der mittleren Dauer einer der gut 100 phanerozoischen Stufen. Damit befinden sich die Epochen des Silurs generell nicht im Gleichgewicht mit den zumeist weit längeren Epochen des Paläozoikums und Mesozoikums. Auch bestehen Ordovizium, Devon, Karbon, Perm, Trias, Jura und Kreide nur jeweils aus drei bzw. zwei Epochen.

(2) **Abweichend von anderen Epochen wird das Pridoli nicht weiter in Stufen untergliedert: In der globalen Stufenabfolge gibt es dort eine Lücke. Die STD 2016 enthält nun den Vorschlag, diese Lücke zu schließen mit einer nahezu homonymen**

Stufe, dem 'Pridolium' (cf. STDK 2012 und STDK 2017,

www.stratigraphie.de/Ergebnisse/, section 1.6). Diese Lücke in den Stufen des Phanerozoikums ist für Geologen, Studenten und Interessierte nicht nachvollziehbar. Schon mit vier formellen Beschlüssen könnten IUGS-Gremien sie schließen: (1) International Subcommission on Silurian Stratigraphy, (2) International Subcommission on Stratigraphic Classification, (3) ICS und (4) IUGS.

(3) Im Silur Deutschlands ist in den letzten 20 Jahren nicht gearbeitet worden (J. Maletz, Berlin, mdl. Mitt. 2017), so dass die stratigraphischen Einheiten des Silurs in der STD 2002 (Leonhardt et al. 2005) und der STD 2016 (Kemnitz et al. 2017) sehr ähnlich sind.

4.5 Ordovozium

(1) Die STD 2016 verwendet für das Ordovizium die Zeitskala der GTS 2012 bei Rundung der Grenzalter auf volle Millionen Jahre. In der STD 2002 konnten als globale Stufen lediglich das Tremadocium und Darriwilium namentlich verzeichnet werden, während zwischenzeitlich alle sieben Stufen des Ordoviziums ihren Namen und ihren GSSP haben.

(2) Inhaltlich entsprechen sich die ordovizischen Teile der STD 2002 und der STD 2016 weitgehend bei Verbesserung der optischen Reihenfolge der Profile. Hinzugekommen ist der Granulitkomplex des Granulitgebirges.

(3) Eine bemerkenswerte Präzisierung betrifft den glaziomarinen Lederschiefer, der während des Hirnantiums sedimentiert sein dürfte. Das Hirnantium hat in der GTS 2012 eine Dauer von $1,4 \pm 1,4/1,5$ Ma und in der STD 2016 eine aufgerundete Dauer von ca. 2 Ma. Dementsprechend ist der Lederschiefer in der STD 2016 mit einer Zeitspanne von ca. 2 Ma eingezeichnet; in der STD 2002 waren es noch ca. 5–7 Ma.

(4) Eine grundlegend neue Erkenntnis gegenüber der STD 2002 ist, dass radio-isotopische Altersbestimmungen und geochemische Untersuchungen (Mingram et al. 2004) für die Gesteine des Erzgebirges eine variszische intrakrustale Deckenstapelung belegen; die dortige metamorphe Schichtenfolge ist nicht autochthon (Kemnitz et al. 2017).

4.6 Kambrium

(1) Die Basis des Kambriums ist mit dem ersten Vorkommen des Spurenfossils *Treptichnus pedum* in Neufundland definiert. Das global etwa gleichzeitige Erstauftreten dieses Fossils wird vereinzelt angezweifelt.

(2) Die entscheidende Neuerung im Kambrium der STD 2016 betrifft das Erzgebirge, das als variszischer metamorpher Deckenkomplex erkannt wurde, in dem sich neoproterozoische, kambrische, ordovizische und jüngere Schichten in allochthonen, intrakrustal gestapelten Struktureinheiten tektonisch wiederholen. Diese Struktureinheiten umfassen vorrangig

Protolithen aus dem Altersbereich Spätes Ediacarium bis Frühes Ordovizium (Kemnitz et al. 2017).

(3) In der STD 2016 ist auch die herkömmliche autochthone Abfolge des Erzgebirges zum Vergleich dargestellt, wobei Klammern anzeigen, dass die eingebürgerten Namen inzwischen informell sind.

(4) Das Problem einer autochthonen Deutung wird in der Měděnec-Formation deutlich. Diese reicht in der Tabelle von ca. 590 Ma bis ca. 565 Ma (Ediacarium), doch haben Zirkone aus ihr Alter zwischen ca. 500 Ma und ca. 480 Ma (Kambrium, s. STD 2016).

(5) Im Bayerischen Wald und im Oberpfälzer Wald zeigt die STD 2016 nur noch die Monotone Gruppe und die Bunte Gruppe. Diese reichen dort vom spätesten Präkambrium über das Kambrium bis ins frühe Ordovizium.

(6) Mit Hilfe ihrer marinen Fossilien (grüne Sterne) können viele Schichten einzelnen oder mehreren kambrischen Stufen sicher zugeordnet werden (cf. Elicki in Kemnitz et al. 2017).

4.7 Ediacarium

(1) Die präkambrische Zeitskala der STD 2016 stammt aus der GTS 2012 und von der ICS 2012. In diesen beiden Zeitskalen dauert das Ediacarium von ca. 635 Ma bis 541 ± 1 Ma während sich die Dauer des Kryogeniums deutlich unterscheidet: 850 Ma bis 635 Ma in der GTS 2012; ca. 720 Ma bis ca. 635 Ma in der Tabelle der ICS 2012: Die letzteren Alter sind in die STD 2016 übernommen worden.

(2) In der STD 2016 wird keinem oberflächlich anstehenden Gestein ein Alter $> ca. 635$ Ma zugeschrieben. Älter könnten jedoch eventuell sein (1) ein Teil der Mittelschwarzwald-Kerngneis-Gruppe und (2) in Mecklenburg erbohrte Gesteine: Die U/Pb-Alter von 1483 Ma und 1456 Ma von Zirkon-Xenokristen in dortigen Rotliegend-Vulkaniten sind kein Beweis für, sondern bestenfalls ein Hinweis auf mesoproterozische Gesteine. In der STD 2002 waren noch Gesteine mit wesentlich höheren, wenn auch fraglichen Altern bis > 1 Ga angegeben: Im Erzgebirge Äquivalente der Waldheim-Gruppe, in der Lausitz die Stolpe-Gruppe und in Vorpommern der Ostmecklenburger Kristallinkomplex.

(3) Die Gesteine NW-Sachsens und der Lausitz sind auf Grund ihrer U/Pb-Zirkonalter pauschal dem Zeitabschnitt von ca. 580 Ma bis 541 Ma zugeordnet worden wie auch die Katzhütte-Gruppe des Thüringisch-Fränkischen Schiefergebirges, wobei Pfeile nach unten anzeigen, dass diese Gruppen möglicherweise schon früher beginnen. Diese sehr starke Generalisierung soll einer Überinterpretation vorbeugen (Kemnitz et al. 2017).

5. Die Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2017 (STDK 2017)

Die Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2017 (STDK 2017) ist die moderat aktualisierte und leicht erweiterte STDK 2012. Sie nutzt die Zeitskala der STD

2016 (Abb. 1). Die STDK 2017 schränkt den Gebrauchswert der STDK 2012 nicht ein, denn die bescheidenen Änderungen der geologischen Zeitskala von bis zu wenigen Millionen Jahren sind für die weitaus meisten Nutzer belanglos und spielen selbst für die vorwiegend von deutschen und österreichischen Studenten genutzten Tabellen eher keine Rolle.

(1) Neu in der STDK 2017 sind im Vergleich zur STDK 2012 die GSSP für das Chattium und Santonium. Der GSSP für das Albium wurde erst 09/2017 nach dem Druck der Tabelle publiziert.

(2) In der Kreide erhielten zahlreiche informelle Einheiten Lokalnamen und den Rang von Formationen; zusätzliche Gruppen wurden eingeführt.

(3) Die Dauer des Mittleren Juras wurde halbiert. Es bleibt abzuwarten, inwieweit dies Bestand haben wird. Die in Norddeutschland seit über 100 Jahren verwendeten Einheiten Lias, Dogger und Malm hat die Deutsche Subkommission für Jura-Stratigraphie zu informellen Einheiten herabgestuft und durch die Einheiten Schwarzer Jura, Brauner Jura und Norddeutscher Malm ersetzt.

(4) Im Erzgebirge wurden die formellen präkambrischen und kambrischen Formationen und Gruppen zu informellen Einheiten und deshalb in Klammern geschrieben. Grund dafür sind radio-isotopische Altersbestimmungen und geochemische Untersuchungen, die eine Deckenstruktur statt der herkömmlichen autochthonen Schichtenfolge belegen. (5) Vier Gesteine kommen für die Lagerung hochradiaktiven Abfalls in Frage. Sie wurden vor mehr als zehn Jahren von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) als potenzielle Endlager ausgemacht: (a) Tone der Unterkreide, (b) der jurassische Opalinuston, (c) Zechsteinsalz und (d) variszische Granite.

Die STDK 2017 gibt einen generellen Überblick über stratigraphische Einheiten Deutschlands. Trotz der enormen Nachfrage kann sie aber gewichtige Fragen selbst ansatzweise nicht beantworten. Dafür ist die STD 2016 und insbesondere spezielle Literatur heranzuziehen.

Dank

Andreas Hendrich, Graphik-Designer am GFZ, und ich bedanken uns ganz herzlich für die weithin aufgebrachte, höchst wohlthuende Toleranz der großen Mehrheit der Kollegen. Nur dank dieser konnte die Aktualisierung der STD 2002 zur STD 2016 gelingen. Ein besonderes Lob gilt Andreas Hendrich: Ohne sein Mitdenken und Können und ohne seine grenzenlose Geduld bei der Einarbeitung der zahllosen Modifizierungen wäre weder die Tabelle entstanden noch würden etliche Abbildungen in diesen Erläuterungen so gelungen wirken. Die STD 2016 trägt die Logos von 43 Institutionen, von denen zumindest eine Person an der Tabelle mitgearbeitet hat. Darüber hinaus haben noch viele Mitglieder der Deutschen

Stratigraphischen Kommission sowie weitere Geologen mit ihrer Arbeit die Voraussetzung für die Tabelle geschaffen und ihre Realisierung befördert. Die auf der STD 2016 mit ihrem Logo aufgeführten Sponsoren GFZ, DGGV, Schweizerbart und ERCOSPLAN haben den Druck finanziell unterstützt, wofür ihnen herzlicher Dank gilt.

Auch den Autoren der Erläuterungsartikel zur Tabelle, den genannten und ungenannten Gutachtern und Helfern sowie den Verantwortlichen der ZDGG, ohne die ein solches Gemeinschaftswerk nicht gelingen kann, wird sehr herzlich gedankt. Den Lesern der Erstversion dieses Artikels, deren Anmerkungen eingebaut wurden (O. Elicki, C. Hoselmann, E. Schindler, E. Nitsch, J. Blau, M. Wilmsen, J. Rötzler, G. Kowalczyk, R. Janssen und H.-G. Herbig) und den Gutachtern Gotthard Kowalczyk (Frankfurt a. M.) und Edgar Nitsch (Freiburg) danke ich sehr für ihre konstruktiven Verbesserungsvorschläge.

Herzlichen Dank an Alan Lord (Frankfurt a. M. / London), der für ein sehr viel besseres Englisch sorgte.

7. Schriftenverzeichnis / References

Allen, R. S. (1966): The unity of stratigraphy. – *New Zealand J. Geol. Geophys.*, 9: 491–494.

Bittmann, F., Börner, A., Doppler, G., Ellwanger, D., Hoselmann, C., Katzschmann, L., Sprafke, T., Strahl, J., Wansa, S., Wielandt-Schuster, U. & Subkommission Quartär der Deutschen Stratigraphischen Kommission (DSK) (2018): Das Quartär in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Quaternary in the Stratigraphic Table of Germany 2016. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 169, 2: 295–306 [dieses Heft / this issue].

Claoué-Long, J. C., Jones, P. J. & Roberts, J. (1993): The age of the Devonian-Carboniferous boundary. – *Ann. Soc. géol. Belgique*, 115 (1992), 2: 531–549.

DCP 2003 (Menning, M., Alekseev, A. S., Chuvashov, B. I., Davydov, V. I., Devuyst, F.-X.

Forke, H.-C., Grunt, T. A., Hance, L., Heckel, P. H., Izokh, N. G., Jin, Y.-G., Jones, P. J., Kotlyar, G. V., Kozur, H. W., Nemyrovska, T. I., Schneider, J. W., Wang, X.-D., Weddige, K., Weyer, D. & Work, D. M., 2006): Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europe, East Europe, Tethys, South China, and North America as used in the Devonian-Carboniferous-Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003). – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 240, 1/2: 318–372.

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg., Koordination und Redaktion: K. I. Grimm für die Subkommission Tertiär) (2011): *Stratigraphie von Deutschland IX. Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete.* – *Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss.*, 75: 464 S.

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: H. Lützner & G. Kowalczyk für die Subkommission Perm-Trias) (2012): *Stratigraphie von Deutschland X. Rotliegend. Teil 1: Innervariscische Becken.* – *Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss.*, 61: 881 S., 1 Beil.

- Doubinger, J. (1956): Contribution à l'étude des flores Autuno-Stephanienses. – Mém. Soc. Géol. France, 35: 180 S.
- ESTD 2005 (Menning, M. & Hendrich, A., ed., 2005): Erläuterungen zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland. – Newsl. Stratigr., 41, 1/3: 405 S., 19 Taf.
- ESTD 2017/18 (Menning, M. ed.) (2017/2018): **Erläuterungen 2017/18 zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / Explanations 2017/18 on the Stratigraphic Table of Germany 2016.** – Z. Dt. Ges. Geowiss., 168, 4: 421–512, Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: 105–306 & Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 4 [in prep.].
- Franz, M., Bachmann, G. H., Barnasch, J., Heunisch, C. & Röhling, H.-G. (2018): – Der Keuper in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 – kontinuierliche Sedimentation in der norddeutschen Beckenfazies (Variante B) / The Keuper in the Stratigraphic Table of Germany 2016 – continuous sedimentation in the basin facies of northern Germany. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: **203–224** [dieses Heft / this issue].
- Gebhardt, U., Lützner, H., Ehling, B.-C., Schneider, J. W., Voigt, Se. & Walter J. (2018): Erläuterung zur Stratigraphischen Tabelle Deutschlands 2016 – Variante B / Comments on the Stratigraphic Table of Germany 2016 – Rotliegend Version B. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: **129–137** [dieses Heft / this issue].
- Geluk, M. C. & Röhling, H.-G. (1997): High-resolution sequence stratigraphy of the Lower Triassic "Buntsandstein" in the Netherlands and northwestern Germany. – Geol. Mijnb., **76**: 227–246.
- Gibbard, P. L., Boreham, S., Cohen, K. M. & Moscariello, A. (2004): Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. v. 2004b. – www.quaternary.stratigraphy.org.uk.
- Gibbard, P. L., Head, H. J., Walker, M., Alloway, B., Beu, A. G., Coltorti, M., Hall, V. M., Liu, J., Knudsen, K. L., Van Kolfschoten, T., Litt, T., Marks, L., McManus, J., Partridge, T. C., Piotrowski, J. A., Pillans, B., Rousseau, D., Suc, J.-P., Tesakov, A. S., Turner, C. & Zazo, C. (2010): Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch. – J. Quat. Sci., 25: 96–102.
- GTS 1982 (Harland, W. B., Cox, A. V., Llewellyn, P. G., Pickton, C. A. G., Smith, A. G. & Walters, R., 1982): A geologic time scale: 131 p., Cambridge (Cambridge Univ. Press).
- GTS 1989 (Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. V., Craig, L. E., Smith, A. G. & Smith, D. G., eds., 1990): A geologic time scale 1989: 263 p., Cambridge (Cambridge Univ. Press).
- GTS 2004 (Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Smith, A. G., eds., 2004): A geologic time scale 2004: XIX + 589 p.; Cambridge (Cambridge Univ. Press). (publ. 2005)
- GTS 2012 (Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. & Ogg, G. M., eds., 2012): The geologic time scale 2012: 1176 p. (2 vol.); Elsevier.

- Hagdorn, H., Menning, M., Nitsch, E. & Simon, T. (2018): Die Muschelkalk-Gruppe in der STD 2016 / The Muschelkalk Group in the STG 2016. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 4 [in prep.].
- Haq, B. U. (2014): Cretaceous eustasy revisited. – *Global Planet. Change*, 113: 44–58.
- Hay, W. W. (1995): Cretaceous paleoceanography. – *Geologica Carpathica*, **46**: 257–266.
- Hedberg, H. D. (ed.) (1976): *International Stratigraphic Guide*. – Int. Union Geol. Sci.: 200 p.; New York (Wiley).
- Herbig, H.-G., Salamon, M., Amler, M. R. W., Buchholz, P., Korn, D., Luppold, F. W., Menning, M., Nesbor, H.-D., Schneider, J. W., Schultka, S., Weller, H., Weyer, D. & Wrede, V. (2017): Das Karbon in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Carboniferous in the Stratigraphic Table of Germany 2016. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 168, 4: 483–502.
- Hess, J. C. & Lippolt, H. J. (1986): $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ ages of tonstein and tuff sandstones: New calibration points for the improvement of the Upper Carboniferous time scale. – *Chem. Geol.*, 59, 2/3: 143–154.
- Hiss, M., Niebuhr, B. & Teipel, U. (2018): Die Kreide in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Cretaceous System in the Stratigraphic Chart of Germany 2016. – Z. Dt. Ges. Geowiss., **169**, 2: 247–266 [dieses Heft / this issue].
- ICS 2012 (International Commission on Stratigraphy, ed.) (2012): *International Chronostratigraphic Chart (pocket version)* – www.stratigraphy.org/.
- Janssen, R., Doppler, G., Grimm, K., Grimm, M., Hiß, M., Köthe, A., Radtke, G., Reichenbacher, B., Salamon, M., Standke, G., Teipel, U., Thomas, M., Uffenorde, H. & Wielandt-Schuster, U. (2018): Das Tertiär in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Tertiary in the Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016). – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: 267–294 [dieses Heft / this issue].
- Käding, K.-C. (2005): Der Zechstein in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – *Newsl. Stratigr.*, 41, 1/3: 123–127.
- Kemnitz, H., Ehling, B.-C., Elicki, O., Franzke, H.-J., Geyer, G., Linnemann, U., Leonhardt, D., Plessen, B., Rötzler, J., Rohrmüller, J., Romer, R. L., Tichomirowa, M. & Zedler, H. (2017): Proterozoikum–Silur in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Stratigraphic Table of Germany 2016: Proterozoic to Silurian. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 168, 4: 423–446.
- Korn, D. (2010): Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Kulm succession in the Rhenish Mountains. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 161, 4: 431–453; Stuttgart.
- Lauer, T. & Weiss, M. (2018): Timing of the Saalian- and Elsterian glacial cycles and the implications of Middle – Pleistocene hominin presence in central Europe. – *Nature, Scientific Reports*, (2018) 8:5111, DOI:10.1038/s41598-018-23541-w.

- Leonhardt, D., Heuse, T., Hoth, K., Tröger, K.-A. & Maletz, J. (2005): Der Zeitabschnitt Proterozoikum – Silur in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – *Newsl. Stratigr.*, 41, 1/3: 25–42.
- Lippolt, H. J., Hess, J. C. & Burger, K. (1984): Isotopische Alter von pyroklastischen Sandsteinen aus Kaolin-Kohlentonsteinen als Korrelationsmarken für das mitteleuropäische Oberkarbon. – *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, 32: 119–150.
- Lutz, M., Etzold, A., Käding, K.-C., Lepper, J., Hagdorn, H., Nitsch, E. & Menning, M. (2005): Lithofazies und Leitflächen: Grundlagen einer dualen lithostratigraphischen Gliederung. – *Newsl. Stratigr.*, 41, 1/3: 211–223.
- Lützner, H., Littmann, S., Mädler, J., Romer, R. L. & Schneider, J. W. (2007): Stratigraphic and radiometric age data for the continental Permocarboneous reference-section Thüringer-Wald, Germany. – In: Wong, T. E. (Ed.): *Proc. XVth Int. Congr. Carboniferous and Permian Stratigraphy*, Utrecht 2003. – *Roy. Netherlands Acad. Arts Sci.*: 161–174.
- Lützner, H., Kowalczyk, G. & Schneider, J. W. (2012): Stratigraphische Korrelation der innervariiscischen Rotliegendebetten in Deutschland. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: Lützner, H. & Kowalczyk, G. für die Subkommission Perm-Trias): *Stratigraphie von Deutschland X. Rotliegend. Teil I: Innervariiscische Becken*. – *Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss.*, 61: 861–879.
- Menning, M. (1995): A numerical time scale for the Permian and Triassic periods: an integrated time analysis. – In: Scholle, P. A., Peryt, T. M. & Ulmer-Scholle, D. S. (Eds.): *The Permian of Northern Pangea*. – 1: 77–97; Berlin (Springer).
- Menning, M. (2018): Die Globale Stratigraphische Skala und die Regionale Stratigraphische Skala der STD 2016 / The Global Stratigraphic Scale and the Regional Stratigraphic Scale of the STG 2016. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 169, 4 [in prep.].
- Menning, M. & Käding, K.-C. (2013): Magnetostratigraphie, Zylostratigraphie, geologische Zeitskala und Nomenklatur des Buntsandstein von Mitteleuropa. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.; Koordination und Redaktion: J. Lepper & H. G. Röhling für die Subkommission Perm-Trias): *Stratigraphie von Deutschland XI. – Der Buntsandstein*. – *Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss.*, 69: 165–212; Hannover.
- Menning, M., Weyer, D., Drozdowski, G., Amerom, H. W. J. van & Wendt, I. (2000): A Carboniferous Time Scale 2000: discussion and use of geological parameters as time indicators from Central and Western Europe. – *Geol. Jb.*, A156: 3–44.
- Menning, M., Gast, R., Hagdorn, H., Käding, K.-C., Simon, T., Szurlies, M. & Nitsch, E. (2005): Zeitskala für Perm und Trias in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002, zylostratigraphische Kalibrierung von höherer Dyas und Germanischer Trias und das Alter der Stufen Radium bis Rhaetium 2005. – *Newsl. Stratigr.*, 41,1/3: 173–210.

- Menning, M., Glodny, J., Brocke, R., Jansen, U., Schindler, E. & Weyer, D.: (2017): Die Devon-Zeitskala der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016) / The Devonian time scale in the Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016). – Z. Dt. Ges. Geowiss., 168, 4: 465–482.
- Menning, M., Boy, J., Gast, R., Glodny, J., Martens, T., Schindler, T., Seckendorff, V. von & Voigt, S. (2018): Das Rotliegend in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Rotliegend in the Stratigraphic Table of Germany 2016. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 4: [in prep.].
- Mingram, B., Kröner, A., Hegner, E. & Krentz, O. (2004): Zircon ages, geochemistry, and Nd isotopic systematics of pre-Variscan orthogneisses from the Erzgebirge, Saxony (Germany), and geodynamic interpretation. – Int. J. Earth Sci. (Geol. Rdsch.), 93: 706–727.
- Mönnig, E., Franz, M. & Schweigert, G. (2018): – Der Jura in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016) / The Stratigraphic Chart of Germany (STD 2016): Jurassic. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: 225–246 [dieses Heft / this issue].
- Niebuhr, B., Hiss, M., Kaplan, U., Tröger, K.-A., Voigt, S., Voigt, T., Wiese, F. & Wilmsen, M. (2007): Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide. – Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss., 55: 136 S.
- Niebuhr, B., Wilmsen, M. & Janetschke, N. (2014): Cenomanian–Turonian sequence stratigraphy and facies development of the Danubian Cretaceous Group (Bavaria, Southern Germany). – Z. Dt. Ges. Geowiss., 165, 4: 621–640.
- Nitsch, E. (2018): Der Keuper in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016: kontinuierliche oder lückenhafte Überlieferung? / The Keuper Group in the Stratigraphic Chart of Germany 2016: a continuous or discontinuous stratigraphic record?. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: 181–201 [dieses Heft / this issue].
- Odin, G. S. (1982): The Phanerozoic time scale revisited. – Episodes, Ottawa, 1982, 3: 3–9.
- Pálfy, J., Smith, P. L. & Mortensen, J. K. (2000): U-Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ time scale for the Jurassic. – Can. J. Earth Sci., 37, 6: 923–944.
- Paul, J., Heggemann, H., Dittrich, D., Hug-Diegel, N., Huckriede, H., Nitsch, E. & AG Zechstein der SKPT/DSK (2018). – Erläuterung zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016: die Zechstein-Gruppe / Comments to the Stratigraphic Chart of Germany 2016: the Zechstein Group. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: 139–145 [dieses Heft / this issue].
- Pillans, B. & Gibbard, P. (2012): The Quaternary period. – In: Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. & Ogg, G. M. (2012): The geologic time scale 2012: 979–1010; Elsevier.
- Radzinski, K.-H. (1999): Zur lithostratigraphischen Gliederung der Bernburg-Formation (Unterer Buntsandstein) im mittleren und nördlichen Teil von Sachsen-Anhalt. – Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, 5: 73–93; Halle (Geol. L.-Amt).

Röhling, H.-G. (1993): Der Untere Buntsandstein in Nordwest- und Nordostdeutschland – Ein Beitrag zur Vereinheitlichung der stratigraphischen Nomenklatur. – *Geol. Jb.*, **A 142**: 149–183.

Röhling, H.-G., Lepper, J., Diehl, M., Dittrich, D., Freudenberger, W., Friedlein, V., Hug-Diegel, N. & Nitsch, E. (2018): Der Buntsandstein in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, **169**, 2: 151–180.

Salvador, A. (ed.) (1994): International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. – *Int. Union Geol. Sci., Int. Subcomm. Stratigraphic Classification*, XIX + 214 p.

Schindler, E., Brocke, R., Becker, R. T., Buchholz, P., Jansen, U., Luppold, F. W., Nesbor H.-D., Salamon, M., Weller, H. & Weyer, D. (2017): Das Devon in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / The Devonian in the Stratigraphic Table of Germany 2016. – *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, **168**, 4: 447–463.

Schmitz, M. D. (2012): Radiometric ages used in GTS 2012. – In: Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. & Ogg, G. M. (Eds.): *The geologic time scale 2012: 1045–1082*; Elsevier.

Seidel, G. (1965): Zur geologischen Entwicklungsgeschichte des Thüringer Beckens. – *Geologie, Beih.*, **50**: 1–115.

STD 2002 (Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg., 2002; Koordination und Gestaltung: Menning, M. & Hendrich, A.): *Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002*. – Potsdam (GeoForschungsZentrum), Frankfurt a. M. (Forsch.-Inst. Senckenberg).

[www.stratigraphie.de/]

STD 2016 (Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg., 2016; Redaktion, Koordination und Gestaltung: Menning, M. & Hendrich, A.): *Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016*. – Potsdam (Deutsches GeoForschungsZentrum). [www.stratigraphie.de/]

STDH 2012 (Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg., 2012): *Stratigraphische Handtabelle von Deutschland 2012 (STDH 2012)*; Potsdam (Deutsches GeoForschungsZentrum). [www.stratigraphie.de/]

STDK 2012 (Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg., 2012; Koordination und Gestaltung: Menning, M. & Hendrich, A.): *Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2012*; Potsdam (Deutsches GeoForschungsZentrum). [www.stratigraphie.de/]

STDK 2017 (Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg., 2017; Koordination und Gestaltung: Menning, M. & Hendrich, A.): *Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2017*; Potsdam (Deutsches GeoForschungsZentrum). [www.stratigraphie.de/]

STGC 2012 (Deutsche Stratigraphische Kommission, ed., 2012; coord. & layout: Menning, M. & Hendrich, A.): *Stratigraphic Table of Germany 2012, condensed version*; Potsdam (GFZ). [www.stratigraphie.de/]

- Steininger, F. F. & Piller, W. E. (Hrsg.) (1999): Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 209: 19 S.
- Subkommission Perm-Trias (2011): Beschlüsse der Deutschen Stratigraphischen Kommission zu Perm und Trias 1991–2010. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 162, 1: 1–18; Stuttgart. [www.stratigraphie.de/perm-trias/beschluss.pdf]
- Teipel, U., Hornung, T. & Haas, U. (2018): Die alpine Trias in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2016 / Alpine Triassic in the Stratigraphic Table of Germany 2016. – Z. Dt. Ges. Geowiss., 169, 2: 147–150 [dieses Heft / this issue].
- Trapp, E., Kaufmann, B., Mezger, K., Korn, D. & Weyer, D. (2004): Numerical calibration of the Devonian-Carboniferous boundary: Two new U-Pb ID-TIMS single-zircon ages from Hasselbachtal (Sauerland, Germany). – *Geology*, 32: 857–860.
- Tripathy, G. R., Hannah, J. L. & Stein, H. J. (2018): Refining the Jurassic-Cretaceous boundary: Re-Os geochronology and depositional environment of Upper Jurassic shales from the Norwegian Sea. – *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 503: 13–25.
- Tucker, R. D., Bradley, D. C., Ver Straeten, C. A., Harris, A. G., Ebert, J. R. & McCutcheon, S. R. (1998): New U-Pb zircon ages and the duration and division of Devonian time. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 158: 175–186.

Abbildungsunterschrift

Abb. 1 Die Stratigraphische Tabelle von Deutschland Kompakt 2017 (STDK 2017). Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg.; Koordination und Gestaltung: Menning, M. & Hendrich, A.: A4 plan und A4 gefalzt [<http://www.stratigraphie.de/>]

The Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016)

Manfred Menning

*Address of the author:

Dr. Manfred Menning, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegraphenberg, 14473 Potsdam (menne@gfz-potsdam.de)

Abstract

The purpose of the Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016, in German) is presented. The table uses the time scale of the Geological Time Scale 2012 (GTS 2012) from the Ediacarian to the Silurian and from the Late Triassic to the Quaternary. An individual scale has been developed for the Devonian. The time scale of the Stratigraphic Table of Germany 2002 (STG 2002, in German) for the Carboniferous and Permian is also used and the time scale for the Early and Middle Triassic is from the Explanations 2005 on the

Stratigraphic Table of Germany 2002 (ESTG 2005, in German). The ages of the boundaries of the Palaeozoic and Mesozoic stages are rounded to 0.5 Ma and 1 Ma respectively. The time relations of many beds of Central Europe to the Global Stratigraphic Scale (GSS) is variable and not finally settled. This fact is evident from the numerous arrows at stratigraphic boundaries. As many as possible stratigraphic units are shown with their most recent names and some additionally with their traditional ones in parentheses. No agreement exists on basinwide hiatuses, e. g. in the Keuper, whereas such gaps are mainly accepted in the North German Basin in the upper Rotliegend and at the Cretaceous-Tertiary boundary. Revisions in relation to the STG 2002 and selected problems, including fundamental stratigraphic ones, as well as exceptions in the different time spans of the STG 2016 are discussed. Finally, the Stratigraphic Table of Germany Compact 2017 (STGC 2017, in German) is briefly mentioned. It is based on the Stratigraphic Table of Germany Compact 2012 (STGC 2012, versions in German and English) using the time scale of the STG 2016.

Keywords

Geological time scale, lithostratigraphy, facies, correlation, radio-isotopic age determination, geological events, marker horizons, Folgen

Abbreviations

ESTG 2005 – Explanations 2005 on the Stratigraphic Table of Germany 2002, **ESTG 2017/18** – Explanations 2017/18 on the Stratigraphic Table of Germany 2016, **GSC** – German Stratigraphic Commission, **GSS** – Global Stratigraphic Scale, **GSSP** – Global Stratotype Section and Point, **GTS 1982, 1990, 2004, 2012** – Geological Time Scale 1982, 1990, 2004, 2012, **ICS** – International Commission on Stratigraphy, **MIS** – Marine Isotope Stage, **RIA** – Radio-isotopic age determination(s), **RSS** – Regional Stratigraphic Scale, **STG 2002** – Stratigraphic Table of Germany 2002, **STG 2016** – Stratigraphic Table of Germany 2016, **STGC 2012** – Stratigraphic Table of Germany Compact 2012, **STGC 2017** – Stratigraphic Table of Germany Compact 2017, **STGH 2012** – Stratigraphic Table of Germany Handout 2012

1. Intention and reality

The Stratigraphic Table of Germany 2016 (STG 2016) is the updated Stratigraphic Table of Germany 2002 (STG 2002). It reflects the present state of stratigraphic knowledge. In future it will be further developed because also in stratigraphy as in other things change is the only constant.

The time frame for development of the table was very limited as it had to be presented at the 35th International Geological Congress 2016 in Cape Town. The eight German Stratigraphic Subcommissions invested variable amounts of time in the timespans for which they are responsible. On one hand, Subcommissions which sent their parts late and incomplete to Potsdam to insert in the table had only very limited time for modifications and supplements. On the other hand, continuous changes have produced a lot of reworking, as for the

Jurassic, but this was not the rule.

Many authors worked unofficially for the STG 2016 in addition to their official tasks, although in agreement with their institutions. Unfortunately, the fraternal twins regional geology and stratigraphy are not topics in German universities and museums, in research institutes and geological surveys, even though they are the base of all geological work. Because of the importance of such knowledge the different Stratigraphic Tables of Germany became geological bestsellers. Thus, under the auspices of the German Stratigraphic Commission (GSC) altogether **105 000 copies of Stratigraphic Tables of Germany were printed** in between 2002 and 2017 in German: (1) 6 000 STG 2002, (2) 30 000 Stratigraphic Tables of Germany Compact 2012 (STGC 2012), (3) 30 000 Stratigraphic Hand-Tables of Germany 2012 (STGH 2012), (4) 18 000 Stratigraphic Tables of Germany Compact 2012, in English (STGC 2012) (5) 6 000 STG 2016, and (6) 15 000 Stratigraphic Tables of Germany Compact 2017 (STGC 2017). In general, „Most geologists know the basics of the time scale, but haven't memorized the specifics" (Lucy Edwards 06/2017 in a discussion of the International Subcommittee on Stratigraphic Classification (ISSC) on the status of 'subseries/subepochs' in the Cenozoic). The sale of the STG 2016 is limited because the STGC (altogether 63 000 copies) is a strong rival because it is available without charge and because of its highly concentrated information and the Tables are also available in the internet (www.stratigraphie.de/).

The STG 2016 exists at least in-part because of a stimulating bet: „There will not be a second Table." The aim was to disprove this although several difficulties were to be expected.

(1) The 15 geological surveys of the German states and of the capital Berlin are using different stratigraphic standards which can only be shown at best in part in the table.

(2) Many persons were interested in the second version (STG 2016). They discussed, e. g., if widespread gaps exist in the Central European Basin or not and, e. g., on the numerical calibration of the geological time scale.

(3) It was necessary to reduce overburden drafts on its basics.

(4) Sometimes, authors classified strata as formations without permission of the responsible subcommission.

(5) On one hand, despite considerable improvements in relation to the STG 2002, the STG 2016 is also partly inhomogeneous. Efforts to assert a few rules, to simplify sections and make sensible compromises were mainly but not fully successful. Consequently, there are a few breaks between a few systems and, sometimes, within a system. E. g. the Carboniferous of the Black Forest is not shown in one column, and the Helgoländer-Düne-Subformation of the Lower Cretaceous is on the far left side of the RSS but above the Helgoland Formation of the Upper Cretaceous on its right side.

(6) On the other hand problems were solved. Thus, in the Lower Cretaceous of the STG 2002 there is the term 'Tonstein' [claystone] 20 times without an additional local name. Meanwhile, regular terms were introduced in the STG 2016 which probably may be accepted step-by-step. Thus, the Quaternary got a completely fresh look by the overdue insertion of mapping units such as the sediments of the Drenthe and Warthe Stadial and numerous new lithostratigraphic units.

(7) Moreover, stratigraphic units in common use are shown as often as possible with their recent names and sometimes additionally with their traditional names which are now obsolete in parentheses.

The German Stratigraphic Commission (GSC) has developed the Stratigraphic Table of Germany 2002 (STG 2002) (1) to contribute to the 'Year of Geosciences [in Germany] 2002', (2) to present for the first time a general overview on sections and strata of Germany after its reunification in 1990, (3) to make significantly easier the use of stratigraphy for geologists' and interested persons, and (4) to present a proposal for a better balance between the stratigraphic units of Germany and its often extremely complicated and inconsistent nomenclature.

The STG 2002 had been developed with the ambition to create an outstanding work. In 2001/2002 small groups of the GSC worked on regional stratigraphic schemes for the Precambrian to Quaternary. Often, these schemes were not consistent with each other. Nevertheless, a reviewer mentioned kindly: "There is the impression that work on the Table has continued to the printing process". Thus, the reviewer accepted various roughnesses. The pioneer work has been tolerantly evaluated.

For the second edition of the STG in 2016 it has taken 14 years instead of five to ten years anticipated. In-between, the Stratigraphic Table of Germany Compact 2012 (STGC 2012) has been created on the foundation of the STG 2002 which contains also selected resources, raw materials, reservoirs, and a few fossils. The STGC 2012 is a highly concentrated summary of 200 years of regional-geological and stratigraphic work in Germany on one A4 page which users appreciate very much because it is easy to handle. In 2017 the STGC 2012 was updated to the Stratigraphic Table of Germany Compact 2017 (STGC 2017) using the geological time scale of the STG 2016. All these tables can be found on the website www.stratigraphie.de/ as also single parts of the STG 2016.

Each stratigraphic table is a model, an academic attempt to create a scheme as close as possible to reality. Firstly, the geological time scale: probably 100 different time scales would be developed by 100 different persons using the same heterogeneous set of time indicators. No two scales would be identical. Secondly, the number of significant successions in

Germany is larger than the number that can be shown. Thirdly, the selection and completeness of successions is also influenced by the personal point of view.

The minimal size of letters of 6 points limits the number of terms shown and clarity is sometimes more important than volume of data. Therefore, unfortunately, some successions of regional significance and some strata of sections shown are missing on the table. The positions of several strata of Central Europe according to the Global Stratigraphic Scale (GSS) is variable and not finally settled. Arrows emphasize this problem at numerous strata boundaries. I recommended still more arrows of uncertainty than are shown.

On one hand, tables of the GSC make it possible to refer to that commission without having to compare and assess papers of several authors. It is sufficient for many geological activities but particularly those that facilitate general understanding. On the other hand, the motto of the Explanations 2005 on the STG 2002 (ESTG 2005) relates to our very limited knowledge on the timing of geological processes: "How many years does a mountain exist before it is washed to the sea? The answer my friend is blowin' in the wind" (Bob Dylan).

It is true that the tables are powerful for standardisation but also limited: "Science does not operate on democratic principles; the really fruitful scientists are the non-conformists, the revolutionaries, those who refuse to accept the majority point of view. To such people ... Codes are anathema" (Allen 1966: 493), because, sometimes, the most qualified resolutions of majorities are temporary. But it simply does not work without codes and resolutions.

Stratigraphic codes are academic approaches to give a frame for classification and naming of geological units and events. But, a stratigraphic table is much more complex. It is an approach to show generally the highly differentiated stratigraphic units of a region and, by that, taking into account stratigraphic codes.

The stratigraphic tables of Germany follow the motto of Gottfried Wilhelm Leibniz in 1700: „Theoria cum praxi“ (Connect theory and practice / Apply theory in practice). The codes were developed by several dozen specialists. They can be successful only on a basis of compromises and tolerance, only on a basis of discipline and patience, and only through the combination of regional and global components.

Also it is true, that the wide-ranging development of geology in Germany can not be satisfactorily presented in one table: (1) Stratigraphy has developed variably in the regions of Germany and during different periods, as also on Earth. (2) Regional views are often very important. (3) Several stratigraphic units end at political boundaries instead at geological ones.

Additionally, historical developments, variable stratigraphic recommendations and personal standpoints should be taken into account as (4) the scientific priority, (5) the variable stratigraphic standards of German states, (6) the Stratigraphic Recommendations of Germany and Austria (Steininger & Piller 1999), (7) the International Stratigraphic Guide

(Salvador 1994), (8) resolutions of German Subcommissions which are, sometimes, inconsistent with the rules of the GSC, and (9) the use of the 'topmost' time scale from the internet although it does not fit with that agreed for the STG 2016.

Nobody is perfect: In the final contribution of the ESTG 2017/18 corrections on the STG 2016 are summarized. Some of them are additionally mentioned in single papers of the ESTG 2017/18. It is gratifying that the number of corrections on the STG 2016 is significantly reduced compared with that on the STG 2002.

In the following sections, Cenozoic to Neoproterozoic, are new points, selected problems and exceptions in the STG 2016 compared to the STG 2002.

2. Cenozoic

2.1 Quaternary

(1) In the STG 2016 for the Quaternary the GTS 2012 time scale has been used. Since 2009 the Quaternary starts, according to a decision of the International Commission on Stratigraphy (ICS), at 2.6 (2.58) Ma with the Gelasian (Gibbard et al. 2010). Thus, the ICS revised its former decision that the Quaternary begins at 1.8 Ma with the Calabrian. Therefore, the regional Quaternary of Central and West Europe begins a little before the Pretiglian Complex (cf. Gibbard et al. 2004) instead of the base of the Eburonian Complex as in the STG 2002.

(2) The time scale breaks at 29 ka, 126 ka, 380 ka and 780 ka are necessary in order to show clearly as many terms as possible well distributed on the table.

(3) Consequently the stages Gelasian and Calabrian, together 1.82 Ma long, seems to be shorter on first view than the last 0.78 Ma of the Quaternary which belong to the mainly normal polarized Brunhes Chron.

(4) In the GSS of the STG 2016 the stage names „Ionian“, „Tarantian“, „Grönlandian“, „Nordgrippian“ and „Meghalayan“ (there with the German ending ium instead of the English ending ian) are in quotation marks because they are informal.

(5) With regard to terminology the German Subcommission on Quaternary Stratigraphy uses the categories Lower, Middle and Upper whereas the coordinator of the table prefers Early, Middle and Late. In column 'Climatostratigraphy of Central Europe' the recommended terms Lower, Middle and Upper Pleistocene are in bold letters in contrast to Early, Middle and Late Pleistocene in common letters. **For writing in German I recommend 'Frühpleistozän' / 'Frühes Pleistozän' (Early Pleistocene) instead of 'Altleistozän' and 'Spätpleistozän' / 'Spätes Pleistozän' (Late Pleistocene) instead of 'Jungpleistozän' for congruence with**

the English terms 'Early' und 'Late' and for better understanding of persons not familiar with German.

(6) A major problem in the Quaternary is the correlation of the continental successions with its glacial and interglacials to the marine standard scale which is complete and very precisely numerically calibrated. In contrast, the continental successions are full of gaps, their lithology is very variable and significant parts of them are inaccurately dated. "Isotope studies from the bottom sediments of the world's oceans have indicated as many as 52 Quaternary glacial/interglacial cycles and have clearly shown that the continental evidence can be very fragmentary. ... In reality, there are very few means of directly and reliably correlating between the ocean and terrestrial sediment sequences" (Pillans & Gibbard 2012: 995).

(7) Thus, the **Holstein Interglacial** (between Elsterian Glacial and Saalian Complex) was allocated variously to the Marine Isotope Stages (MIS) 11 or 9 or 7. The German Subcommittee on Quaternary Stratigraphy correlates the Holstein Interglacial with MIS 9 as in the STG 2016. In this sense the Holstein Interglacial took place approximately between 320 ka and 300 ka.

(8) An alternative, internationally favoured, has the Holstein Interglacial correlated with MIS 11, e. g. Gibbard et al. (2004). Thus, the Holstein Interglacial would have (a) an age of ca. 400 ka to 380 ka. (b) Thus, the **Saalian Complex** would last from ca. 380 ka to ca. 126 ka and by that ca. 80 ka longer and more complex. (c) The **Elsterian Glacial** would not be correlated with MIS 10 but with MIS 12 and it would be significantly older. (d) The **Cromerian Complex** would be end with MIS 13 instead of MIS 11 and it would contain four instead of five interglacials. (e) Independent of the alternative allocation of the Holstein Interglacial to MIS 11 or MIS 9 the Saalian Complex was shorter than the Cromerian Complex. The Saalian Complex seems to be longer than the Cromerian Complex only as a result of the scale break at 380 ka.

(9) Internationally undisputed, the **Eem Interglacial** is allocated to MIS 5e. It lasts from ca. 126 ka to ca. 115 ka.

(10) The **Major Weichselian Glaciation** has a duration of ca. 15 ka (ca. 29–14 ka). Only because of the scale breaks at 126 ka and 29 ka it seems longer than the Late Saalian Glaciation with its stadials Drenthe and Warthe lasting ca. 65 ka (ca. 190–126 ka).

(11) On one hand, in North Germany stadials are shown asymmetrical in order to express that the accumulation of Scandinavian glaciers lasted significantly longer than their advance and later melting. On the other hand, in the alpine area of South Germany there is no evidence for such asymmetry. Therefore, symmetrical stadials are shown there.

(12) In comparison to the STG 2002, in the STG 2016 a large number of lithostratigraphic units is shown additionally to the climatostratigraphic ones (Bittmann et al. 2018).

2.2 Tertiary

(1) Ages of stage boundaries of the GTS 2012, given as 0.1 Ma, are used in the Tertiary of STG 2016. Rounding those ages to 0.5 Ma as preferred by the coordinator of the table in order to avoid non-realistic but only computational accuracy was not done by the German Subcommission on Tertiary Stratigraphy. The 'only apparent' accuracy of the GTS 2012 is shown by the way that its absolute ages differ for ≥ 1 Ma from those of the Geological Time Scale 2004 (GTS 2004) for the stages Serravallian, Priabonian, Lutetian, Ypresian, Thanetian and Danian. This difference questioned the accuracy of ages of the GTS 2012 in millions of years with one significant figure. Moreover, most Tertiary strata of Germany by far can not be correlated with a confidence of 0.1 Ma with the GSS. **In addition, each rounded age of a global stage of the STG 2016 prevents potential overinterpretation of age and duration of Central European strata.**

(2) The Tertiary of the STG 2016 has a higher time resolution than that of the Cretaceous but it is smaller than that of the Quaternary. Therefore, the volume of Tertiary strata can only be approximately compared visually.

(3) The Tertiary of STG 2016 was complicated and time-consuming to work out because only the volume 'Upper Rhine Graben and neighbouring areas' of the series 'Stratigraphy of Germany' (in German, Deutsche Stratigraphische Kommission 2011) exists. Additionally, according to the latter volume, several names, stratigraphic durations and classifications of strata have been changed already particularly in the southern part of the Rhine Graben (Baden). Because the volumes NE-Germany, NW-Germany and Molasse Basin of the 'Stratigraphy of Germany' suffer there are no agreed correlation schemes for those areas except the latter (cf. Janssen et al. 2018, this issue). Moreover, there is no correlation chart for the Tertiary of all Germany which could be used for the STG 2016. Thus, it is an advantage that the explanation of the Tertiary outside the Alps and its foreland is presented in this issue in only one article. In contrast, the ESTG 2005 contains seven articles on that area.

(4) The numerous and very differentiated depositional areas, the countless lithostratigraphic units, the absence of widespread transgressions, except of the Rupelian Transgression, and the frequent absence of biostratigraphic markers makes the correlation of Tertiary strata extremely complicated. As inspection of the STG 2016 shows, the variety of Tertiary strata is most comparable with that of the Rotliegend. It explains also the tremendous correlation problems in both these time spans.

(5) A section Wetterau/Hanau Basin has been added to the STG 2016. It was included in the STG 2002 in section 'Hessische Senke'. In Hessische Senke/Wetterau four palaeosoils stand out because of their violet colour. Successions of arrows downwards at the Vorschütz

palaeosoil and at the Mardorf-Erz Formation give evidence that these soils have been developed during a very long time.

(6) Several strata have new names in relation to STG 2002. For many of them the traditional names are in parentheses.

(7) For the Late Miocene and Pliocene the most complete section is that in SW-Mecklenburg (von Bülow, written inform. 2015), at least in NE Germany. In contrast to the STG 2002 the STG 2016 shows a succession free of gaps there.

(8) The very differentiated Oligocene and Miocene of the Molasse Basin was inserted into the STG 2016 according to the regional authors, although this was connected with an excessive amount of work. This part of the table has more detail but is less clear than any other part. Elsewhere strata with duration of 0.1–0.2 Ma are not shown to allow a better general view. The question whether partly very thin beds should be classified as formations or rather as members requires discussion as a matter of principle.

(9) With regard to its very widespread distribution, its thickness and its (former) tremendous economical importance for energy supply, the Tertiary of NE Germany is shown relatively small. In its NE part there is the most complete Tertiary section of Germany. In the 1980's up to 300 million tons of brown coal per year were exploited in the German Democratic Republic – one quarter of the world production. The geological exploration was based on investments of billions of marks by the government. It has led to a unique data archive. Unfortunately, the chance to document it for the general public in a volume of the 'Stratigraphy of Germany' seems to be lost.

In the STG 2016 the Tertiary succession of NE Germany is largely generalised in favour of clarity and readability. Thus, the arrangement of the sections does not follow the understandable suggestions of the main regional author. Furthermore, standard successions of geological surveys of NE German states are not consistent with each other in detail (see Standke in Janssen et al. 2018, this issue).

(10) In the section Niederrhein (Lower Rhine) the number of brown coal seams shown in the STG 2016 is higher than in the Carboniferous of the Ruhr section. This does not reflect the real numbers in both time spans. In order to limit seam symbols in the Tertiary two up-down arrows indicate that there are more seams of brown coal than shown.

(11) The Tertiary of NW Germany (Lower Saxony and particularly Schleswig-Holstein) has been relatively well investigated by numerous wells and thus it is lithostratigraphically differentiated in detail. It was necessary to find compromises between too great differentiation and too strong generalisation.

(12) In the Upper Rhine Graben the stratigraphic terminologies of the states of Hesse and Baden-Württemberg are not compatible. To compensate as far as possible Hesse was mainly responsible for its northern part and Baden-Württemberg for its southern part. An

example of a remaining problem is the Pechelbronn Schichten. In the STG 2002 the 'Pechelbronn Group' ranges from the middle Priabonian to the middle Rupelian (ca. 36–32 Ma). In the STG 2016 the 'Pechelbronn Formation' begins in the southern graben in the Lutetian at ca. 45 Ma, because there the 'Pechelbronn-Fazies', known from wells, starts much earlier than further north. This completely new perspective needs to be discussed in future because it concerns a major problem of stratigraphy. **Where and how we draw boundaries between stratigraphic units. (1) For resources one is looking mainly on the rock facies as in USA, adopted into the International Stratigraphic Guide (Hedberg 1976) and nowadays widely applied. (2) According as far as possible to lithostratigraphic markers to get time-relevant, often quasi-isochronous strata boundaries. This method has been applied particularly in Germany and also in Europe. It promotes a time perspective on development of the Earth** (see also section 3.3 (8) and Menning 2018).

3. Mesozoic

3.1 Cretaceous

(1) To derive the Cretaceous time scale of the STG 2016 the time scales of the GTS 2012 and ICS 2012 were combined rounding the ages of stages to 0.5 Ma (cf. Hiss et al. 2018, this issue). The duration of a few stages was modified a little to make more readable some stratigraphic names in the Regional Stratigraphic Scale (RSS). Thus, the duration of the Coniacian (89.8 to 86.3 Ma in the GTS 2012 and the Chart of ICS 2016 was shortened to 2.5 Ma due to the need to moderately extend the neighbouring stages Turonian and Santonian for better readability of formation names. Here, the organisation of the table was paramount. Besides, it should be noted that the base of the Coniacian stage lacks a GSSP and that, therefore, the duration of the stage may be preliminary.

(2) Since the Global Time Scale 1982 (GTS 1982, Harland et al. 1982) an age of 144/145/145.5 Ma is suggested for the Jurassic-Cretaceous boundary (cf. compilation in the Explanations on the Stratigraphic Table of Germany (ESTG 2005): Plate XIa), although there are no relevant radio-isotopic age determinations (RIA) around that boundary (cf. GTS 2012: 1056). In STG 2016 ca. 145 Ma is shown although I have used since 2002 the compromise age of 142 Ma in all Stratigraphic Tables of Germany. However, with regard to Germany, it is irrelevant if 145 Ma or 142 Ma are used for the global time scale because there are no RIA from Central Europe, which should ideally be in harmony with the GSS. Recently, Tripathy et al. (2018) estimated a Re-Os model age of 144,5–142 Ma for the period boundary.

(3) In STG 2002 in all 20 units of the Lower Cretaceous have the simple name 'Tonstein' (claystone). Those and some traditional names were replaced in the STG 2016 by names conformable with the international and national codes. To define units properly newly

introduced boundary markers (‘Grenzmarker’) were used as much as possible (see left column)!

(4) Moreover, there are numerous new formations in the Upper Cretaceous (Niebuhr et al. 2007) of the STG 2016 which are also mentioned in Litholex (Lithostratigraphic Lexicon), and by that they are easily accessible (<http://www.stratigraphie.de/LithoLex/index.html>; in German). Here, traditional units were transformed into formal units defined in type sections with the aim to protect the subdivision and the names as far as possible. For instance, the ‘Essener Grünsand’ became the ‘Essen Grünsand Formation’. However, new names could not be completely avoided. Thus, the ‘Cenoman Mergel’ became the ‘Herbram Formation’ and the ‘Grauweiße Wechselfolge’ became the ‘Erwitte Formation’ (M. Wilmsen, written comm. 01/2018).

(5) In North Germany the names Plänerkalk Group, Minden-Braunschweig Group and Bückeberg Group were introduced. The latter has been named in the STG 2002 Bückeberg Formation and in former times it was the ‘Wealden’. To the Bückeberg Group belong the Isterberg, Oesede, Deister, and Fuhse formations which are lateral equivalents but with different rock facies. In the Upper Cretaceous regional high-level units are the Plänerkalk Group, Münster Group and Schreibkreide Group.

(6) The ‘Elbtal Group’ is the generic term for the Cretaceous of Saxony and the pre-alpine Cretaceous of Bavaria received the name ‘Danubian Cretaceous Group’ (Danubische-Kreide-Gruppe) (Niebuhr et al. 2014).

(7) A conspicuous feature of the STG 2016 is the difference between the mainly shallow marine Jurassic facies (light blue) and the predominantly deeper marine facies (medium blue) in the Cretaceous. After drop of (relative) sea level during the Jurassic/Cretaceous boundary interval in large parts of NW Europe continental and marginal marine sediments of the Wealden were deposited while other areas were characterized by stratigraphic gaps. Starting in Valanginian times and accelerating during the Albian to early Late Cretaceous a strong eustatic sea level rise took place reaching up to 250 m above the present-day level (Haq 2014). This process led to an increasing deepening and in the Late Cretaceous to an spreading of oceanic water masses onto the shelf areas related to a breakdown of the shelf front systems (Hay 2008). In large parts of NW Europe the extension of the pelagic environment is evident by the widespread chalks. In summary, "the seas were mostly deeper in the Cretaceous than in the Jurassic" (M. Wilmsen, Dresden, written comm. 01/2018).

3.2 Jurassic

(1) As in the Cretaceous, the Jurassic time scale of the STG 2016 was derived by combining the times cales of the GTS 2012 and ICS 2012. Ages of stage boundaries were rounded to 0.5 Ma. An exception is the Hettangian which was enlarged for 0.5 Ma to 2.5 Ma at the

expense of the Sinemurian (8 Ma) to better show the formations belonging to it. Till 2008 in all time scales the duration of the Hettangian was ≥ 3 Ma (cf. also ESTG 2005: Table XIa) and it remains to be seen if its duration of only 2 Ma in the GTS 2012 will be stable.

(2) In the STG 2002 the duration of the Middle Jurassic of 21.5 Ma was based on Pálffy et al. (2000). In GTS 1982 it was 25 Ma and Odin (1982) suggested even 30 Ma. Its duration was reduced to 14.4 Ma in the GTS 2004 and even to 10.5 Ma in the GTS 2012. Also here, it remains to be seen to what extent this drastic shortening will be stable. Concerning this problem there are no U/Pb ages from Central Europe because there are no tuffs. However, there are several black shales on which Re/Os age determinations should be made assuming that the concentrations of these elements are sufficient for analytical purposes to verify the Jurassic time scale using samples from Central Europe.

(3) As a result of halving the Middle Jurassic from 21.5 Ma in STG 2002 to 10.5 Ma in STG 2016, on one hand in the RSS the lithostratigraphic units there seem to be very compressed whereas on the other hand they look very long in the Early Jurassic.

However, although this picture seems a little unbalanced it is not unlikely because several Middle Jurassic formations have only relatively small thicknesses (E. Mönning, Coburg, GSC discussion in Cologne 02/2017).

(4) The devaluation of the formal regional stratigraphic units Lias, Dogger and Malm to informal units by the German Subcommittee on Jurassic Stratigraphy in 2016 makes me unhappy. Those units were used in North Germany in a formal sense for more than 100 years (cf. STG 2002, STGC 2012) and also they are widely used in Poland and The Netherlands. For North Germany the terms Lias, Dogger and Malm were exchanged by the terms 'Schwarzjura-Gruppe', 'Braunjura-Gruppe' and 'Norddeutscher Malm'. It remains to be seen if this revolutionary terminology will be accepted in practice and not only particularly by people responsible for thesauri and working in South Germany.

(5) There is biostratigraphic evidence for gaps in the Jurassic strata succession in detail more than in other timespans. Therefore, in the STG 2016 are shown several and also small gaps but only if they may be last ≥ 0.5 Ma. Some smaller gaps are indicated by wave lines (cf. Mönning et al. 2018, this issue).

3.3 Triassic

(1) The time scale from the Induan to the Ladinian of the STG 2016 (Early and Middle Triassic) is most confidently based. It was published in the ESTG 2005 (Menning et al. 2005) whereas there are very significant problems to calibrate the Late Triassic time scale numerically. Consequently, the STG 2016 shows for the Late Triassic both alternative time scales of the GTS 2012 'Long Rhaetian' and 'Long Tuvanian'. The

options of the RSS 'Keuper A - Discontinuity' and 'Keuper B - Continuity' are both related to the Option 'Long Tuvalian' (cf. Nitsch 2018, this issue).

(2) The duration of the three Triassic epochs was very different in the STG 2002 (ca. 7 : 13 : 31 Ma). The seemingly unbalanced durations have increased in the STG 2016. But, there is a high probability that they will be stable in future because there are numerous radio-isotopic age determinations (RIA) from the Early and Middle Triassic from the Alps, Hungary and China which are biostratigraphically well correlated and numerically consistent to each other. An age of 235 Ma was chosen for the base of the Carnian, as the available RIA allow. It is as young as possible so as to allocate as much time as possible to the Early and Middle Triassic. In the STG 2016 the Early Triassic lasts only ca. 5 Ma, the Middle Triassic has a duration of ≤ 12.5 Ma and the Late Triassic lasts ≥ 33.5 Ma. Consequently, there is a comparable imbalance between the units of the Germanic Triassic. There, deposition of the Buntsandstein lasts ca. 6.3 Ma, that of the Muschelkalk up to 7 Ma and the duration of the Keuper is ca. 38 Ma (see below (5), (6)). The ages for base and top of the Triassic may be stable in future at 252.5 / 252.0 Ma and at 201.5 / 201.0 Ma respectively.

(3) For the Keuper the two alternative versions 'Discontinuity' and 'Continuity' are shown in the STG 2016. It is strongly recommended to read and compare the alternative points of view pro and contra (Nitsch 2018, Franz et al. 2018, both this issue), because they concern not only the Keuper but also fundamental geological problems.

(4) In large parts of the Germanic Basin there is an uncommonly large number of **lithological marker horizons** (Litholeithorizonte). In combination with gamma-ray measurements in wells and outcrops which are sensitive particularly for the amount of clay in sedimentary rocks these horizons allow a quasi-isochronous correlation. **This most significant advantage has been used to define regional geochronological units named 'Folgen': s1 to s7 in the Buntsandstein, m1 to m9 in the Muschelkalk and k1 to k6 in the Keuper** (STG 2002, Menning et al. 2005, Subkommission Perm-Trias 2011). The Folgen s1 to m9 have quasi-isochronous boundaries. They consist of sedimentary cycles each of which is allocated the Milankovich-duration of ca. 100 ka (short eccentricity). For instance, the Folge s1 contains ten of such cycles (Seidel 1965) which is shown in the STG 2002 by allocation of ca. 1 Ma. It is unquestioned (Radzinski 1999) and may not change in future. It is part of the complex evaluation of the ca. 235 cycles of the Germanic Trias, Zechstein and latest Rotliegend mentioned in Menning et al. (2005).

(5) However, the number of cycles in the entire Buntsandstein is questioned (cf. Röhling et al. 2018, this issue). On one hand, in the STG 2016 the Buntsandstein lasts ca. 6.3 Ma according to Käding (in Menning & Käding 2013: Fig. 6.3.1, Tab. 6.3.2-3). There it consists of 63 cycles at 100 ka. On the other hand, Röhling (1993) and Geluk & Röhling (1997) allocate 72 cycles to the Folgen s1 to s6. Additionally to those, cycles of the Upper Buntsandstein

must be added for which they does not present a number. H.-G. Röhling believes that 72 cycles in the Folgen s1 to s6 plus the additional cycles in the Folge s7 (Röt) presents the true number of cycles in the Buntsandstein, in contrast to 60 cycles of Szurlies and 63 cycles of Käding (in Menning et al. 2005: Table 1).

(6) The number of cycles in the Muschelkalk is uncertain. In the STG 2016 ca. 70 cycles are given and by that a duration ca. 7 Ma: about 21 cycles in the Lower Muschelkalk (Folgen m1–3), about 11 cycles in the Middle Muschelkalk (Folgen m4–6) and about 38 cycles in the Upper Muschelkalk (Folgen m7–9) (Hagdorn et al. 2018). In contrast, the Muschelkalk includes ca. 52 cycles at 100 ka: 22 cycles in the Lower, 19 in the Middle and only 11 in the Upper Muschelkalk according to K.-C. Käding (Kassel, written comm. 2015).

(7) The number of 63 cycles in the Buntsandstein and of 70 in the Muschelkalk and its interpretation as cycles with duration of 100 ka is consistent with the global absolute dating (RIA). However, it could be that the Muschelkalk was a little shorter and the Buntsandstein deposited during a slightly longer time span than shown in STG 2016. A small modification is possible because (1) its correlation with the global stages and (2) the confidence limits of the RIA arise in very small interpretation. However, they exclude a Buntsandstein with a duration of ca. 8 Ma or more based on 80 or more cycles at 100 ka. In case that there are really 80 or more cycles, according to H.-G. Röhling (Hannover, pers. inform. 01/2018), such a number would be only consistent with the RIA if the cycles have a duration of ≤ 90 ka and consequently could not be Milankovich cycles.

(8) The subdivision of the Triassic succession of Central Europe using quasi-isochronous lithological markers (Subkommission Perm-Trias 2011) results in a significant advantage for the evaluation of basin development compared with a subdivision according mainly to the rock facies which results mostly in diachronous strata boundaries. This concept, named as 'allostratigraphy' (cf. Lutz et al. 2005), at the Muschelkalk-Keuper boundary lead to the result, that the German Subkommission on Permian-Triassic Stratigraphy defined the 'Grenzbonebed' ('Boundary Bone Bed') as the boundary between the groups Muschelkalk and Keuper although in northern Germany the typical clastic-coaly facies of the Keuper comes in significantly earlier, and it means within the Muschelkalk Group as defined by that Subkommission (Subkommission Perm-Trias 2011; cf. Franz et al., this issue). Using the marker horizon 'Grenzbonebed' the boundary of the groups Muschelkalk and Keuper is quasi-isochronous in large parts of the Germanic Basin (Subkommission Perm-Trias 2011, Hagdorn et al. 2018, this issue). It is true also for many formations particularly in central parts of the basin. Their boundaries are also quasi-isochronous because they coincide with cycle boundaries which can be detected over long distances in detail using well log correlations. Consequently, the boundaries of Folgen and formations are identical to a large extent.

(9) In comparison with the STG 2002 the section Nördliche Kalkalpen (Northern Calcareous Alps; on the right side of the table, cf. Teipel et al. 2018, this issue) was added. Thus, in the STD 2016 the section for the Alps is complete from the late Permian with its Haselgebirge to the youngest Quaternary with its Postglazialterrassenschotter (Postglacial Terrace Gravel).

4. Paläozoikum und Neoproterozoikum

4.1 Perm

(1) The Permian time scale was overtaken from the STG 2002 to the STG 2016.

(2) In the STG 2002 is shown mainly the basin facies of the Zechstein according to its widespread distribution in Germany (Käding 2005). In contrast, in the STG 2016 rocks of the marginal facies are over-proportionally represented. During recent years many new names were introduced because several quasi-isochronous boundaries of the basin facies can not be detected near the basin margins and because, generally, clastic sediments increase in the direction of the margin whereas evaporitic ones decrease (cf. Paul et al. 2018, this issue).

(3) The Rotliegend (Rotliegendes) of the separated Inner-Variscan basins can only rarely be adequately correlated because diagnostic fossils are very rare. But, still more complicated is the biostratigraphic correlation of the continental Rotliegend deposits with the mainly marine standard section of the Cisuralian (Early Permian) in the Uralian marginal deep and with the mainly continental deposits of the regional standard section of the East European Platform of Guadalupian and Lopingian age.

(4) As in the STG 2002, in the STG 2016 numerous uncertain allocations of Rotliegend units with each other and to the GSS are marked by arrows.

(5) The best biostratigraphic correlation exists between the Saar-Nahe Basin and the Thüringer Wald Basin (cf. Gebhardt et al. 2018, this issue). Using this correlation for comparison of radio-isotopic age determinations (RIA) from both areas RIA from Saar-Nahe are systematically older than those from Thüringer Wald (Menning et al. 2018). This is a significant problem because RIA play an outstanding role for correlating the Rotliegend deposits with the numerically calibrated Global Stratigraphic Scale (GSS). Whereas Menning (1995) up to Menning et al. (2018) preferred RIA from the Saar-Nahe Lützner et al. (2012) give preference to RIA from the Thüringer Wald of Lützner et al. (2007). The latter RIA are interpreted as rejuvenated by Menning et al. (2018).

(6) Nowadays the terms Lower Rotliegend and Upper Rotliegend are very seldom used, including by non-specialists, which is correct (1) because these traditional mapping units are very different in Inner-Variscan basins concerning duration and composition, (2) because their correlation is often inaccurate and (3) because their stratigraphic classification is undetermined.

(7) Also, one can not approve the use of the terms 'Autunian' and 'Saxonian' (1) because the definition of the beginning of the Autunian depends on the habitat of the flora (Doubinger 1956) and (2) because the base of the Saxonian was defined using tetrapod footprints from the locality of Bromacker near Tambach in the Thüringer Wald which are not detected elsewhere.

(8) The STG 2016 shows for the Rotliegend both the variants A and B. Variant A is based on to the agreed time scale which means to that of the STG 2002. Before the updating of the STG 2002 started the Variant B with 13 sections was submitted but without invitation. It uses the time scale of the GTS 2012 and now it covers 70% of the area available for the Rotliegend in the STG 2016. I accepted it although as a result there was only very limited space for Variant A. One can find more on the Rotliegend by Menning et al. (2018) and Gebhardt et al. (2018, this issue).

4.2 Carboniferous

(1) The Silesian time scale of the STG 2016, that is the regional stages of Central and Western Europe Namurian, Westphalian and Stephanian, was taken from the STG 2002. It is based mainly on the classic Ar/Ar age determinations from the Heidelberg laboratory (Lippolt et al. 1984, Hess & Lippolt 1986). The stratigraphic position of these RIA within the Central European succession is well known in detail. Additionally, weighted average thicknesses have been integrated into the time scale of (Menning et al. 2000) which is widely used not only in Central und Western Europe but far beyond, e.g. in the Devonian-Carboniferous-Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003). To abandon this scheme in favour of significantly older U/Pb age determinations from far away and different successions, mainly from the Ural Mountains and Donez Basin (Schmitz 2012), requires careful consideration. On the latter are based the ages of global stage boundaries of the GTS 2012 which are shown in STG 2016 for comparison on the left side of the GSS.

(2) The time scale of the Visean corresponds to that of the STG 2016 except for some ages of regional stage boundaries of Great Britain and Belgium which were rounded up to full millions of years. The base of the global Serpukhovian Stage corresponds with about midway instead of the upper boundary of the regional Brigantian Stage as in the STG 2016 when defined by aid of the conodont *Lochriea zieglerei* (Dieter Korn, Berlin, written comm. 03/2018).

(3) In the STG 2016 the Tournaisian / Carboniferous starts at ca. 361 Ma based on RIA of Trapp et al. (2004) from the Hasselbach in the Rheinisches Schiefergebirge. The problematic SHRIMP-age of 353.7 ± 4.2 Ma (Claoue-Long et al. 1993) from the early *Siphonodella sulcata* zone from the same locality (cf. ESTG 2005: Plate IV) has not been taken into account (cf. Menning et al. 2017).

(4) In the Rheinisches Schiefergebirge there are numerous new formations in comparison with the STG 2002. Behind some the traditional names are shown in parentheses. The formations belong to the four groups Kohlenkalk, Drewer, Medebach, and Möhne (cf. Korn 2010).

(5) In the southeastern Rheinisches Schiefergebirge several stratigraphic units belong to Rhenohercynian and American thrust-sheets (cf. Herbig et al. 2017) which were still not shown in the STG 2002 (cf. section 4.3 (3)). Some of them are controversial.

4.3 Devonian

(1) For the STG 2016 the global Devonian time scale has been updated based on relevant RIA from Europe and North America (Menning et al. 2017). The temporal relations between the seven global stages of the Devonian presented by Tucker et al. (1998) continue to be valid because the RIA used by them are basically valid. The Emsian and Famennian stages are by far the longest and the Pragian stage is the shortest of the Devonian.

(2) Six selected events and horizons are shown in the Middle and Late Devonian of the regional stages. The Lower Kellwasser Horizon, the Upper Kellwasser Horizon, the Annulata Event Horizon and the Hangenberg black shale each are shown in several columns of STG 2016.

(3) In contrast to STG 2002, numerous strata of eastern Rheinisches Schiefergebirge and some strata of southern Harz Mountains have been allocated to thrust-sheets which are under discussion.

(4) New stratigraphic units have been added in western Rheinisches Schiefergebirge by recent mapping.

(5) The marginal facies of Early and Middle Devonian strata of the Rheinisches Schiefergebirge is shown better and in more detail than in the STG 2002 (cf. Schindler et al. 2017).

4.4 Silurian

(1) The Silurian period is globally subdivided into the four epochs Llandovery, Wenlock, Ludlow, and Přidoli. This subdivision reflects tradition rather than geological evidence. The duration of 5–6 Ma of Wenlock, Ludlow and Přidoli nearly corresponds to the average duration of one of the about 100 stages of the Phanerozoic. Thus, the Silurian epochs are not in balance with the mostly much longer epochs in the Palaeozoic and Mesozoic eras. Moreover, the significantly longer periods Ordovician, Devonian, Carboniferous, Permian, Triassic, Jurassic and Cretaceous each consist only of two or three epochs.

(2) In contrast to other epochs the Přidoli has not been subdivided further, instead there is a gap in the succession of global stages. Thus, the STG 2016 presents a

proposal to fill this gap with a nearly homonymous stage, the 'Pridolian' (cf. STGC 2012 and STGC 2017, www.stratigraphie.de/Ergebnisse/, section 1.6). That gap in the Phanerozoic stages is not understandable for geologists, students, and interested persons. 'Only' four formal decisions of the responsible IUGS bodies can solve the problem: (1) International Subcommittee on Silurian Stratigraphy, (2) International Subcommittee on Stratigraphic Classification, (3) International Commission on Stratigraphy, and (4) International Union of Geological Sciences.

(3) In the Silurian of Germany no work was done during the last 20 years (J. Maletz, Berlin, pers. inform. 2017). Consequently, the stratigraphic units of the Silurian are very similar in the STG 2002 (Leonhardt et al. 2005) and the STG 2016 (Kemnitz et al. 2017).

4.5 Ordovician

(1) In STG 2016 the Ordovician time scale of the GTS 2012 is used rounding their ages on full millions of years. Whereas in the STG 2002 only the global stages Tremadocian and Darriwilian are named, now all seven Ordovician stages have names and Global Stratotype Section and Points (GSSP).

(2) The geological information in the Ordovician parts of the STG 2002 and the STG 2016 is comparable whereas the order of successions has changed to improve the general layout. A column with the 'Granulitkomplex' of the Granulitgebirge was added.

(3) A remarkable precision concerns the glaciomarine Lederschiefer which was probably deposited during the Hirnantian Stage. In the GTS 2012 the Hirnantian lasts $1.4 \pm 1.4/1.5$ Ma but in the STG 2016 it has a rounded duration of ca. 2 Ma. Thus, in the STG 2016 the Lederschiefer also lasts about 2 Ma whereas the duration was ca. 5–7 Ma in the STG 2002.

(4) A fundamental finding in relation to the STG 2002 results from radio-isotopic age determinations and geochemical investigations (Mingram et al 2004). They yield evidence for Variscan intracrustal piles of nappes in the Erzgebirge. There does not exist an autochthonous succession of metamorphosed strata (cf. Kemnitz et al. 2017) as assumed earlier.

4.6 Cambrian

(1) The base of the Cambrian is defined with the first occurrence (FOD) of the trace fossil *Treptichnus pedum* in Newfoundland. It is under discussion whether this fossil appears approximately isochronous on a global scale or not.

(2) The most significant news in the Cambrian of the STG 2016 concern the Erzgebirge. It is now interpreted as a metamorphosed Variscan nappe complex in which Neoproterozoic, Cambrian, Ordovician, and younger strata are preserved in intra-crustal structural units in a

repetitive succession because of tectonic reasons. Those structural units contain mainly Late Ediacaran to Early Ordovician protolithes [parent rocks, primary rocks] (Kemnitz et al. 2017).

(3) In the STG 2016 also the traditional autochthonous succession of the Erzgebirge is also shown for comparison. The traditional strata are in parentheses to indicate them as informal.

(4) The problematic autochthonous interpretation is indicated in the Měděnec Formation. It lasts in the STG 2016, column Erzgebirge autochthon, from ca. 590 Ma to ca. 565 Ma (Ediacaran), however, its zircons have ages between ca. 500 Ma and ca. 480 Ma (Cambrian).

(5) In the Bayerischer Wald and Oberpfälzer Wald the STG 2016 still presents only the Monotone Gruppe (Monotonous Group) and the Bunte Gruppe (Coloured Group). These groups extend from the late Precambrian via the Cambrian to the early Ordovician.

(6) Using marine fossils (green stars in STG 2016) many strata of Central Europe are allocated unequivocally to global stages (cf. Elicki in Kemnitz et al. 2017).

4.7 Ediacaran

(1) The Precambrian time scale of the STG 2016 is taken from the GTS 2012 and ICS 2012. In both the latter the Ediacaran lasts from ca. 635 Ma to 541 ± 1 Ma. However, the duration of the Cryogenian is different: from 850 Ma to 635 Ma in the GTS 2012; from ca. 720 Ma to ca. 635 Ma in the Chart of ICS 2012: The latter dates were chosen for the STG.

(2) In the STG 2016 there is no surface rock shown with an age of $> ca. 635$ Ma. But, in Germany rocks of an age of $> ca. 635$ Ma could be: (1) part of the Mittelschwarzwald-Kerngneis-Gruppe ('Central Black Forest Core-Gneiss Group') and (2) rocks drilled in Mecklenburg: However, their U/Pb ages of 1483 Ma and 1456 Ma on zircon-xenocrysts from volcanic rocks of Rotliegend age are not significant but at best weak indications for Mesoproterozoic rocks. In contrast, in the STG 2002 rocks are shown with questionable ages of up to > 1 Ga: These are equivalents of the Waldheim Group in the Erzgebirge, of the Stolpe Group in Lusatia and the Ostmecklenburger Kristallinkomplex (East Mecklenburg Crystalline Complex).

(3) Several rocks from Northwest Saxony and Lusatia are allocated approximately to the time of ca. 580 Ma to 541 Ma based on their U/Pb zircon ages. The same is true also for the Katzhütte Group of the Thüringisch-Fränkisches Schiefergebirge. Downward arrows indicate that, possibly, those groups start earlier. The strong generalisation may help to avoid over-interpretations (Kemnitz et al. 2017).

5. The Stratigraphic Table of Germany Compact 2017 (STGC 2017)

Base of the Stratigraphic Table of Germany Compact 2017 (STGC 2017) is the STGC 2012 which is updated and moderately extended. It uses the time scale of the STG

2016 (Fig. 1). The STGC 2017 does not reduce the value of utility of the STGC 2012 which is also available in English (www.stratigraphie.de). It includes small differences to the geological time scale of STGC 2012 up to a few millions of years. However, those differences are irrelevant for most users and also for students from Germany and Austria who use the tables mainly to look for the general geological succession of Germany.

(1) New in the STGC 2017 are, in comparison with the STGC 2012, the GSSPs for the Chattian and Santonian. The GSSP for the Albian was published 09/2017 after the table was printed.

(2) In the Cretaceous numerous informal units now have local names and are classified as formations. Some more groups were introduced.

(3) The Middle Jurassic of the STGC 2017 was reduced to half of STGC 2012. It remains to be seen if this drastic reduction will be stable. In North Germany the terms Lias, Dogger and Malm, used for more than 100 years there, became informal and were substituted by Schwarzer Jura [Black Jurassic], Brauner Jura [Brown Jurassic], and Norddeutscher Malm [North German Malm] by the German Subcommittee on Jurassic Stratigraphy.

(4) The formations and groups of the Erzgebirge of Precambrian and Cambrian age became informal units and therefore were written in parentheses because evidence from RIA and geochemical investigations verify that there is a thrust structure instead of an autochthonous rock succession.

(5) Potentially four rocks could be used to store high radioactive waste. More than ten years ago they were selected by the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR):

(a) clays of the Lower Cretaceous, (b) the Jurassic Opalinus Clay, (c) rock salt of the Zechstein, and (d) Variscan granites.

The STGC 2017 presents a general overview on stratigraphic units of Germany. But, although there is tremendous demand, it is not sufficiently detailed for basic research. For that purposes the STG 2016 and particularly specialist literature has to be used.

Acknowledgement

Andreas Hendrich, graphic designer at GFZ, and I cordially thank the overwhelming majority of colleagues for their great and pleasant tolerance. Only by that was the updating of the STG 2002 to the STG 2016 successfully completed. **Particularly I thank Andreas Hendrich very cordially.** The table would not be created and many figures of this explanations would not be look so harmonious without his good thinking and know-how, and without his unlimited patience to insert countless modifications.

On STG 2016 are the logos of 43 institutions from which at least one person worked on the table. Moreover several members of the German Stratigraphic Commission and other

geologists made the table possible by their work. Also, in the name of the German Stratigraphic Commission, I am grateful to the GFZ, DGGV, Schweizerbart, and ERCOSPLAN for support for printing.

Furthermore I thank very cordially the authors of the articles of these explanations, the named and unnamed reviewers and the team of the German Journal of Geosciences. Only by their engagement could this teamwork be realized. I gratefully used corrections and suggestions on a first draft made by O. Elicki (Freiberg), C. Hoselmann (Wiesbaden), E. Schindler (Frankfurt a. M.), E. Nitsch (Freiburg), J. Blau (Frankfurt a. M.), M. Wilmsen (Dresden), J. Rötzler (Potsdam), G. Kowalczyk (Frankfurt a. M.), R. Janssen (Frankfurt a. M.), and H.-G. Herbig (Cologne). I thank very much the reviewers Gotthard Kowalczyk (Frankfurt a. M.) und Edgar Nitsch (Freiburg. i. Br.) for their very constructive proposals for improvement. Cordially thanks to Alan Lord (Frankfurt a. M. / London) who improved the English most significantly.

Figure caption

Fig. 1 The Stratigraphic Table of Germany Compact 2017 (STGC 2017). Deutsche Stratigraphische Kommission, ed.; coordination and lay out: Menning, M. & Hendrich, A.: A4 plan and A4 folded [<http://www.stratigraphie.de/>]