

## INHALTSVERZEICHNIS

	Vorwort.....	1
1.	ALLGEMEINE GESICHTSPUNKTE - EINFÜHRENDE BE- TRACHTUNGEN.....	3
1.1.	Zur Benutzung des Buches.....	3
1.2.	Absolute, relative und physikalisch-chemi- sche Zeitskalen .....	5
1.2.1.	Absolute Zeitskalen .....	6
1.2.2.	Relative Zeitskalen .....	6
1.2.3.	Physikalisch-chemische Zeitskalen .....	7
1.3.	Anwendungsspektrum der Datierungsmethoden .	8
1.4.	Über Auswahl, Entnahme, Verpackung, Lage- rung, Transport und Beschreibung der Proben	9
1.4.1.	Probenentnahme für das Pilotprogramm .....	9
1.4.2.	Probenentnahme für die Hauptuntersuchung ..	10
1.4.3	Verpackung der Proben .....	10
1.4.4.	Lagerung der Proben .....	11
1.4.5.	Probenbeschreibung .....	11
1.5.	Behandlung und Interpretation der Datie- rungsergebnisse .....	12
1.5.1.	Beurteilung von Proben und vorliegenden Er- gebnissen .....	12
1.5.2.	Mathematische Grundlagen zur Auswertung physikalisch-chemischer Altersangaben .....	13
1.5.3.	Veröffentlichung von Daten .....	17
2.	PHYSIKALISCHE ALTERSBESTIMMUNG .....	18
2.1.	Einführung .....	18
2.2.	Radiometrische Altersbestimmung .....	18
2.2.1.	Physikalische Grundlagen .....	19
2.2.2.	Grundvorstellungen der radiometrischen Al- tersbestimmung .....	23
2.2.3.	Meßtechnische Grundlagen, Standardgeräte und -verfahren .....	26

2.2.3.1.	Zählrohre .....	31
2.2.3.2.	Szintillationszähler .....	33
2.2.3.3.	Halbleiterdetektoren .....	34
2.2.3.4.	Massenspektrometer .....	35
2.2.3.5.	Teilchen-Beschleuniger .....	37
2.2.3.6.	Isotopenverdünnungsanalyse .....	38
2.2.3.7.	Neutronen-Aktivierungsanalyse .....	39
2.2.3.8.	Flammenphotometrie und Atomabsorptionsanalyse (AAS) .....	40
2.2.4.	Mutter/Tochter-Isotopenhäufigkeitsverhältnisse als Zeitskala .....	41
2.2.4.1.	Kalium/Argon-Methode ( $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ -Methode) und Argon/Argon-Methode ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Methode) ***	42
2.2.4.2.	Kalium/Kalzium-Methode ( $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ca}$ -Methode) .	49
2.2.4.3.	Rubidium/Strontium-Methode ( $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ -Methode) *** .....	50
2.2.4.4.	Rhenium/Osmium-Methode ( $^{187}\text{Re}/^{187}\text{Os}$ -Methode) * .....	56
2.2.4.5.	Samarium/Neodym-Methode ( $^{147}\text{Sm}/^{143}\text{Nd}$ -Methode) ** .....	58
2.2.4.6.	Lutetium/Hafnium-Methode ( $^{176}\text{Lu}/^{176}\text{Hf}$ -Methode) * .....	59
2.2.4.7.	Uran/Thorium/Blei-Methode ( $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ -, $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ - und $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$ -Methode) *** .	61
2.2.4.8.	Blei/Blei-Methode ( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Methode) **	65
2.2.4.9.	Blei-210-Methode ( $^{210}\text{Pb}$ -Methode) ** .....	70
2.2.4.10.	Datierung mit freiem Blei-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) ** ..	72
2.2.4.11.	Blei/Alpha-Methode (LARSEN-Methode) *.....	74
2.2.4.12.	Uran/Helium-Methode (U/He-Methode) * .....	76
2.2.4.13.	Krypton/Krypton-Methode ( $\text{Kr}_{\text{sp}}/\text{Kr}_{\text{k}}$ -Methode) * 78	
2.2.4.14.	Xenon/Xenon-Methode ( $\text{Xe}_{\text{sp}}/\text{Xe}_{\text{k}}$ -Methode) * ..	80
2.2.4.15.	Radium-226-Methode ( $^{226}\text{Ra}$ -Methode) * .....	81
2.2.4.16.	Radium-228-Methode ( $^{228}\text{Ra}$ -Methode) * .....	83
2.2.5.	Datierung mit Hilfe kosmogener Radionuklide	84
2.2.5.1.	Radiokohlenstoff-Methode ( $^{14}\text{C}$ -Methode) ***	86
2.2.5.2.	Tritium-Methode ( $^3\text{H}$ -Methode) und Tritium/Helium-Methode ( $^3\text{H}/^3\text{He}$ -Methode) * .....	93

2.2.5.3.	Silizium-32-Methode ( $^{32}\text{Si}$ -Methode) **	95
2.2.5.4.	Chlor-36-Methode ( $^{36}\text{Cl}$ -Methode) *	98
2.2.5.5.	Aluminium-26-Methode ( $^{26}\text{Al}$ -Methode) *	100
2.2.5.6.	Beryllium-10-Methode ( $^{10}\text{Be}$ -Methode) *	102
2.2.5.7.	Argon-39-Methode ( $^{39}\text{Ar}$ -Methode) *	104
2.2.5.8.	Mangan-53-Methode ( $^{53}\text{Mn}$ -Methode) *	106
2.2.5.9.	Jod-129-Methode ( $^{129}\text{J}$ -Methode)	108
2.2.6.	Datierung aufgrund gestörter radioaktiver Gleichgewichte - die Ionium/Protaktinium- Methoden **	109
2.2.6.1.	Gemeinsamkeiten der Ionium/Protaktinium- Methoden	109
2.2.6.2.	Die Ionium/Uran-Methoden ( $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - und $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ -Methoden) **	113
2.2.6.3.	Ionium/Thorium-Methode ( $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ -Metho- de) **	115
2.2.6.4.	Protaktinium/Uran-Methode ( $^{231}\text{Pa}/^{235}\text{U}$ -Me- thode) *	117
2.2.6.5.	Protaktinium/Ionium-Methode ( $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ - Methode) *	118
2.2.6.6.	Uran/Uran-Methode ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Methode) *	120
2.2.7.	Altersbestimmungen aufgrund von Strahlen- schädigungen	121
2.2.7.1.	Einführung	121
2.2.7.2.	Thermolumineszenz-Methode (TL-Methode) ***	123
2.2.7.3.	Elektronenspin-Resonanz-Methode (ESR-Metho- de) *	129
2.2.7.4.	Exo-Elektronen-Methode (TSEE-Methode)	132
2.2.7.5.	Methode des thermisch-stimulierten Stromes (TSC-Methode)	133
2.2.7.6.	Spaltspuren-Methode (SSTR- oder fission- track-Methode) ***	134
2.2.7.7.	$\alpha$ -Rückstoßspuren-Methode ( $\alpha$ -recoil track- Methode)	137
2.2.7.8.	Altersbestimmung mit Hilfe Pleochroitischer Höfe	139
2.2.7.9.	Datierung mit Hilfe der Differentialthermo- analyse (DTA-Analyse)	140

2.2.8.	Methoden zur Datierung von Meteoriten und Mondgestein .....	141
2.2.8.1.	Einführung .....	141
2.2.8.2	Bestimmung der Formationsintervalle * ( $^{129}\text{J}/^{129}\text{Xe}$ -Methode und $^{244}\text{Pu}/^{136}\text{Xe}$ -Methode)	145
2.2.8.3.	Bestimmung der Solidifikationsalter *** ....	149
2.2.8.4.	Bestimmung der Gasretentionsalter *** .....	151
2.2.8.5.	Bestimmung der Expositionsalter ** .....	152
2.2.8.6.	Bestimmung der terrestrischen Alter von Me- teoriten ** .....	156
2.3.	Andere physikalische Datierungsmethoden ....	158
2.3.1.	Paläomagnetische Datierung *** .....	158
2.3.2.	Jahresmarkierung durch stabile Isotope ** ..	165
2.3.3.	Die Zeitmarken des fallout ** .....	169
2.3.4.	Bestimmung mittlerer Verweilzeiten von Grund- wasser und Kohlendioxid mit Hilfe anthropoge- ner Radionuklide ( $^{14}\text{C}$ , $^3\text{H}$ und $^{85}\text{Kr}$ ) ** .....	171
3.	CHEMISCHE ALTERSBESTIMMUNG	177
3.1.	Grundlagen	177
3.2.	Aminosäure-Racemisierungs-Methode ** .....	178
3.3.	Aminosäure-Zersetzungsmethode * .....	181
3.4.	Obsidian-Hydratations-Methode ** .....	182
3.5.	Altersbestimmung von Knochen aufgrund der Fluor- und Uran-Gehalte * .....	185
3.6.	Altersbestimmung von Knochen aufgrund der Stickstoff- und Kollagengehalte * .....	187
4.	VERGANGENHEIT UND ZUKUNFT DER GEOCHRONOLOGI- SCHEN METHODEN .....	189
4.1.	Geschichtlicher Überblick .....	189
4.2.	Die zukünftigen Aufgaben der geochronologi- schen Methoden und meßtechnische Vorausschau	192
5.	LITERATUR .....	197
5.1.	Allgemeine und spezielle Fachbücher zur Me- thodik der Altersbestimmung .....	197
5.2.	Zeitschriften mit geochronologischen Publi- kationen .....	198
5.3.	Spezialliteratur .....	199
	DANKSAGUNG .....	220

## ANHANG

Anhang I	: Geochronologisches Fachwörter-	
	verzeichnis .....	221
Anhang II	: Einheiten .....	253
Anhang III	: Symbole der Gleichungen .....	255
Anhang IV	: Isotopentabelle .....	258
Anhang V	: Verzeichnis von Laboradressen	261
STICHWORTVERZEICHNIS		264