

DIE MIKROSKOPISCHE BESTIMMUNG VON FARBVALENZEN  
NACH DEM SPEKTRALVERFAHREN,  
BEMERKUNGEN ZU DEN MUNSELL SOIL COLOR CHARTS  
UND DEN ROCK COLOR CHARTS 1963

von

J. G. HADITSCH (Graz)

Für die Geowissenschaften, besonders auch für die Lagerstättenuche, hat die Bestimmung von Farbvalenzen nicht nur als diagnostisches Hilfsmittel eine große Bedeutung, sondern spielt auch etwa bei der Bewertung von Rohmaterialien für anorganische Pigmente, also von sogenannten Farberden, oder auch von Gesteinsmehlen (mineralischen Füll- und Bestreustoffen) eine besondere Rolle. Für die Technik ist der Zusammenhang von Farbvalenz und Farbstoffkonzentration auch deshalb wichtig, weil er beispielsweise auch die Erstellung eines Färberezeptes ermöglicht und, wie etwa bei Füll- oder Farbstoffen, bei vorgegebenen Toleranzen für die Farbvalenz durch Konzentrationsänderungen (Verdünnung bzw. Verdichtung) der pigmentierenden Komponenten den spektralen Remissionsgrad günstig zu verändern und damit die Toleranzgrenzen einzuhalten erlaubt. So ist die zahlenmäßige Festlegung von Farbempfindungen eine der wichtigsten Aufgaben der Farbenlehre, die, mit der Wechselwirkung von Lichtstrahlung und Sinnesorgan befaßt, durch eine Farbmessung Maßzahlen für drei bestimmte Einzelwerte, die sogenannten Farbwerte, ermittelt und mittels dieser über die Farbmetrik Selbstleuchter und Körper zu charakterisieren gestattet.

Eine zahlenmäßige Erfassung der Gesichtsempfindung gestattet die Bestimmung von exakten Farbunterschieden, die empfindungsgemäß, je nach der Lage der differierenden Farbvalenzen im Farbenraum, verschieden bewertet werden müßten (weshalb ja auch beispielsweise die Angabe einer Farhdifferenz im CIE-1931-System zur Festlegung einer Farbtoleranz sehr problematisch ist).

Die Vergleichbarkeit von Farbempfindungen, eine Voraussetzung für die Farbmessung, stellt an die Meß- und Sehbedingungen und an die Scharfichtigkeit des Untersuchenden (d. h. des sogenannten "farbmeßtechnischen Normalbeobachters") gewisse Anforderungen, die, wenn

beispielsweise die Messung nach dem Gleichheitsverfahren vorgenommen werden soll, durch die DIN 5033 festgelegt wurden. So wird bei dem genannten Verfahren insbesondere auch eine Farbnormalsichtigkeit, also eine entsprechende Blau-, Grün- oder Rotempfindlichkeit, verlangt.

Für Messungen nach den anderen beiden üblichen Verfahren (Spektral- bzw. Dreibereichsverfahren), bei denen das menschliche Auge durch eine oder mehrere Photozellen ersetzt wird, wird der Normalbeobachter durch die Beleuchtungs- und Beobachtungsgeometrie und die Spektralwertfunktionen bestimmt.

Unter einer bestimmten Farbe versteht man eine bestimmte Gesichtsempfindung, die durch drei Merkmale, nämlich den Farbton, die Helligkeit (= größere oder geringere Leuchtdichte) und die Sättigung (= kräftigerer oder blasserer Farbton bei gleichem Farbton und gleicher Helligkeit) beschrieben werden kann.

Die Farbmessung wird derzeit nach drei verschiedenen Verfahren durchgeführt:

- a) Beim Gleichheitsverfahren werden in einem Meßgerät gleichzeitig zwei Farbproben, nämlich der der zu untersuchenden Probe und einer, der sich aus Primärstrahlern beliebig mischen läßt, dargeboten; ähnlich können auch durch Vergleich aus entsprechend abgestuften Farbmustersammlungen (z.B. Farbtafeln) die Farbwerte direkt gewonnen werden.
- b) Beim Dreibereichsverfahren beruht der Meßvorgang auf einem visuellen oder photoelektrisch durchgeführten Vergleich der Remission von Probe und Standard bei diffuser Beleuchtung für drei Farbmeßfilter mittels dreier Photozellen. Als Standard kann hierbei ein weißer oder ein Farbmuster

verwendet werden.

- c) Beim Spektralverfahren mißt man die Remission (oder Transmission) in Abhängigkeit von der Spektralfarbe (d. h. von  $\lambda$ ) unter Verwendung entsprechender (z. B. Interferenz-) Filter oder eines Monochromators und ermittelt so die Remissionsfunktion  $\beta(\lambda)$ . Dieses Verfahren läßt bei Benützung eines selbstregistrierenden Spektralphotometers und eines Farbwertrechners eine automatische Messung und Berechnung der Farbwerte zu.

In den Geowissenschaften spielen systematische Farbmustersammlungen und visuelle Farbbestimmung nach dem Gleichheitsverfahren die größte Rolle. Dabei sind derzeit, da das W. OSTWALD-System von 1916 (bzw. 1922) immer mehr an Bedeutung verliert, vor allem die Farbtafeln nach der DIN 6164 (ex 1953) und nach dem A. H. MUNSELL-System von 1905 (bzw. 1915, 1929) im Gebrauch.

Nach dem DIN-System wird eine Farbe durch einen Ausdruck, in dem der Farbton der Sättigungsstufe und der Dunkelstufe gegenübergestellt wird, angegeben; im MUNSELL-System werden Maßzahlen für den Farbton ( $H = \text{hue}$ ), die Helligkeit ( $V = \text{value}$ ) und die Sättigung ( $C = \text{chroma}$ ) in der Form  $HV/C$  angegeben. Daten des einen System lassen sich rechnerisch in die des anderen überführen.

Auf dem MUNSELL-System beruhen auch die Gesteinsfarbtafeln ( wie die MUNSELL Soil Color Charts oder die ähnlichen Rock Color Charts der Geological Society of America = RCC 1963 ), über die nachfolgend berichtet werden soll.

Alle genannten Farbmustersammlungen sind primär für eine Anwendung im megaskopischen Bereich bestimmt. Farbbestimmungen im mikroskopischen Bereich nach dem Gleichheitsverfahren und bei Verwendung der erwähnten

Farbtafeln stoßen daher schon meßtechnisch auf beträchtliche Schwierigkeiten und sind daher nicht selten, z. B. allein schon wegen der unterschiedlichen Beleuchtung von Probe und Standard, sehr fehlerhaft. Dazu kommt bei dieser Bestimmungsmethode durch visuellen Vergleich noch die relativ häufige Farbfehlsichtigkeit, der sich viele Beobachter nicht einmal bewußt zu sein brauchen: Es gilt als erwiesen, daß etwa 10 % der Männer und 0,5 % der Frauen einen von der Mehrheit der Menschen abweichenden Farbensinn haben, d. h. daß die betreffenden Personen unter einer anomalen Trichromasie, einer Dichromasie, einer Monochromasie oder sogar unter einer Achromatopsie leiden.

Um die erwähnten Fehlerquellen auszuschalten und auch die Farbtafeln nach dem MUNSSELL-System für den mikroskopischen Bereich nutzbar zu machen, d. h. geowissenschaftliche Objekte mikroskopisch und megaskopisch nach dem gleichen System und mit den gleichen Bezeichnungen bewerten zu können, wurden vom Verfasser die RCC 1963 nach dem Spektralverfahren mikroskopisch untersucht.

Als Meßeinrichtung diente ein Ortholux (LEITZ)-Mikroskop mit einem Aristophot-Grundgestell, Periplan GF 10 x - Okularen und dem Objektiv P 5,6/0,15. Das Mikroskop-Photometer (MPV) arbeitete mit einem hochstabilisierten KNOTT-Netzgerät (NSIM) und einem KNOTT-Photovervielfacher. Als Anzeigegerät wurde ein NORMA-Lichtmarken-Galvanometer verwendet. Es wurde mit ungefiltertem ( "weißem" ) Licht gearbeitet, die Remissionen wurden für die Wellenlängen der Spektralfilter 432-22, 497-21, 546-20, 590-20, 618-21 und 640-21 gemessen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Körperfarben, genauer: Aufsichtfarben, durch Ermittlung der Remissionskurven bestimmt wurden.

Die Farben der RCC 1963 führten die nachstehenden  
Meßzahlen und Bezeichnungen:

Tabelle 1

5 R 8/2	grayish pink	5 G 8/1	light greenish gray
5 R 6/2	pale red	5 G 6/1	greenish gray
5 R 4/2	grayish red	5 G 4/1	dark greenish gray
5 R 2/2	blackish red	5 G 2/1	greenish black
5 R 7/4	moderate pink	5 G 7/2	pale green
5 R 5/4	moderate red	5 G 5/2	grayish green
5 R 3/4	dusky red	5 G 3/2	dusky green
5 R 6/6	light red	5 G 7/4	light green
5 R 4/6	moderate red	5 G 6/6	brilliant green
5 R 2/6	very dark red	5 G 5/6	moderate green
5 Y 8/1	yellowish gray	5 GY 8/1	light greenish gray
5 Y 6/1	light olive gray	5 GY 6/1	greenish gray
5 Y 4/1	olive gray	5 GY 4/1	dark greenish gray
5 Y 2/1	olive black	5 GY 2/1	greenish black
5 Y 7/2	yellowish gray	5 GY 7/2	grayish yellow green
5 Y 5/2	light olive gray	5 GY 5/2	dusky yellow green
5 Y 3/2	olive gray	5 GY 3/2	grayish olive green
5 Y 8/4	grayish yellow	5 GY 7/4	moderate yellow green
5 Y 6/4	dusky yellow		
5 Y 4/4	moderate olive brown	5 B 9/1	bluish white
5 Y 7/6	moderate yellow	5 B 7/1	light bluish gray
5 Y 5/6	light olive brown	5 B 5/1	medium bluish gray
5 YR 8/1	pinkish gray	5 B 8/2	very pale blue
5 YR 6/1	light brownish gray	5 B 6/2	pale blue
5 YR 4/1	brownish gray	5 B 7/6	light blue
5 YR 2/1	brownish black	5 B 5/6	moderate blue
5 YR 7/2	grayish orange pink	5 BG 7/2	pale blue green
5 YR 5/2	pale brown	5 BG 5/2	grayish blue green
5 YR 3/2	grayish brown	5 BG 3/2	dusky blue green
5 YR 2/2	dusky brown	5 BG 6/6	light blue green
5 YR 8/4	moderate orange pink	5 BG 4/6	moderate blue green
5 YR 6/4	light brown	5 P 6/2	pale purple
5 YR 4/4	moderate brown	5 P 4/2	grayish purple
5 YR 3/4	moderate brown	5 P 2/2	very dusky purple
5 YR 5/6	light brown	5 PB 7/2	pale blue
		5 PB 5/2	grayish blue
		5 PB 3/2	dusky blue

5	RP	5/2	pale pink	10	YR	8/2	very pale orange
5	RP	6/2	pale red purple	10	YR	6/2	pale yellowish brown
5	RP	4/2	grayish red purple	10	YR	4/2	dark yellowish brown
5	RP	2/2	very dusky red purple	10	YR	2/2	dusky yellowish brown
10	R	8/2	grayish orange pink	10	YR	7/4	grayish orange
10	R	6/2	pale red	10	YR	5/4	moderate yellowish brown
10	R	4/2	grayish red	10	YR	8/6	pale yellowish orange
10	R	2/2	very dusky red	10	YR	6/6	dark yellowish orange
10	R	7/4	moderate orange pink	10	G	8/2	very pale green
10	R	5/4	pale reddish brown	10	G	6/2	pale green
10	R	3/4	dark reddish brown	10	G	4/2	grayish green
10	R	6/6	moderate reddish orange	10	GY	7/2	yellowish green
10	R	4/6	moderate reddish brown	10	GY	5/2	grayish green
10	Y	8/2	pale greenish yellow	10	GY	3/2	dusky yellowish green
10	Y	6/2	pale olive	10	GY	6/4	moderate yellowish green
10	Y	4/2	grayish olive	10	GY	4/4	dark yellowish green
10	Y	7/4	moderate greenish yellow	N	9		white
10	Y	5/4	light olive	N	8		very light gray
10	Y	6/6	dark greenish yellow	N	7		light gray
				N	6		medium light gray
				N	5		medium gray
				N	4		medium dark gray
				N	3		dark gray
				N	2		grayish black
				N	1		black

Als Beispiel für die erhaltenen Remissionskurven seien die für die Reihe N 9 bis N 1 gebracht (Abb. 1).

Bei den Messungen zeigte sich, daß der höchste Remissionswert der bläulichweißen Farbe 5 B 9/1 (= bluish white) bei einer Wellenlänge von 546 nm zukommt. Die übrigen Werte wurden zu dieser höchsten Intensität (100) in Beziehung gesetzt. So beträgt etwa für die gleiche Wellenlänge (546 nm) der Remissionswert der Farbe N 9 (white) 93,5.

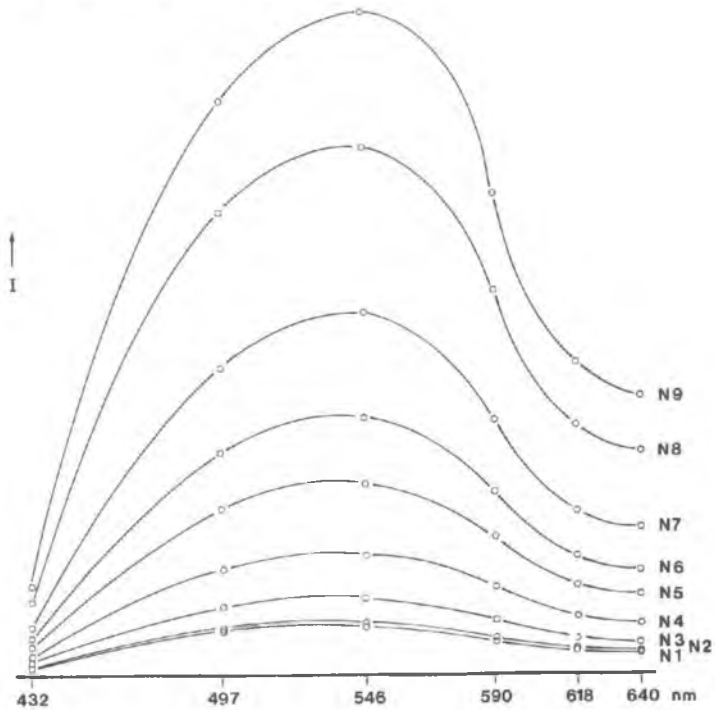
Die Summe der Teilintensitäten für die gemessenen 6 Wellenlängen gibt die Helligkeiten der Farben in den Stufen 1 bis 9 wieder (Abb. 2), zeigt aber auch deutlich, daß die einzelnen Helligkeitsstufen auf den Farbtafeln keineswegs gleich große Intensitätsbereiche besitzen. So sind beispielsweise die Bereiche für die Gesamtintensitäten für die Stufen 7 und 9 kleiner als die für die Stufen 8 und 6.

Die Lage der Remissionsmaxima, die Verhältnisse der Intensitäten für verschiedene Wellenlängen zueinander und die Summe der Teilintensitäten für die sechs oben genannten Wellenlängen gestatteten die Erstellung eines Schemas, das die rasche und objektive Farbbestimmung erlaubt.

Im Folgenden sei ein Teil dieses Bestimmungsbehelfes, nämlich der Bestimmungsgang für die 5 R-Reihe und für die Farbe 5 YR 5/6 (lichtbraun, light brown) gebracht (Abb. 3):



# Abbildung 1



# Abb. 2

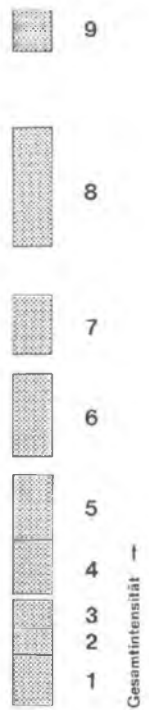
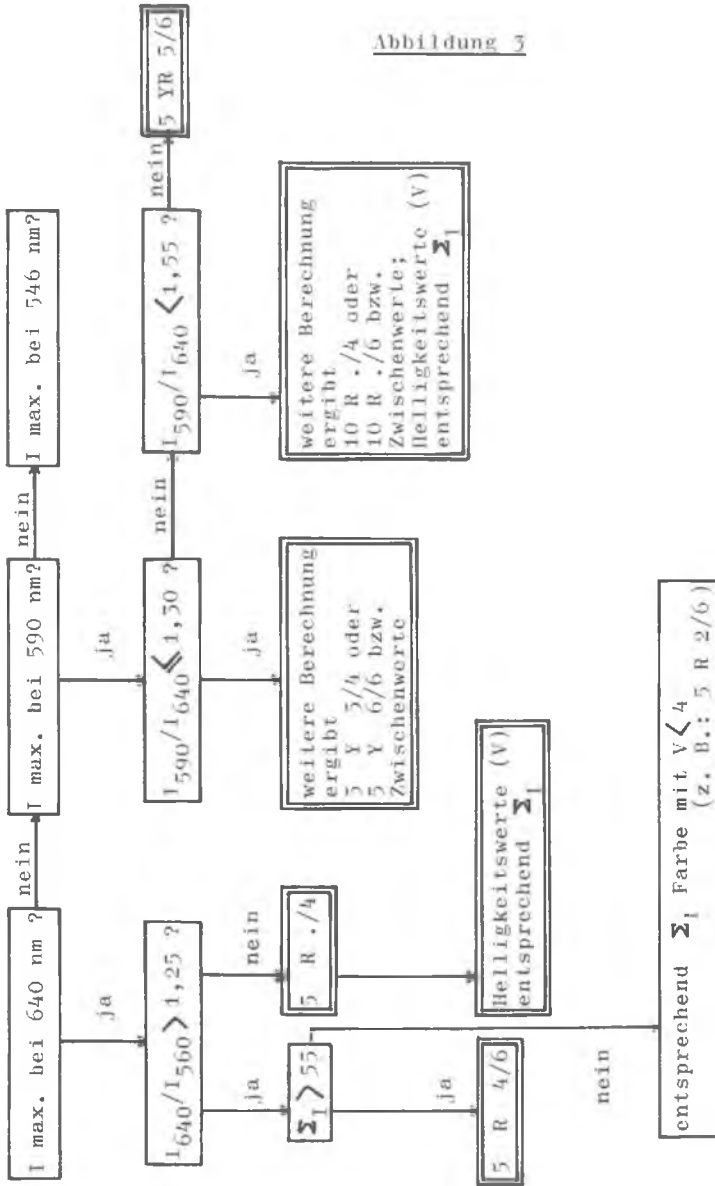


Abbildung 3



Setzt man die Remissionswerte für die sechs untersuchten Wellenlängen zueinander in Beziehung, d.h. trägt man die entsprechenden Werte in Form einer Summenkurve in ein Wahrscheinlichkeitsnetz ein, so ergeben sich für die verschiedenen Farbtöne charakteristische Kurvenformen, wobei der Kurvenverlauf für eine einzelne Farbe wesentlich durch die Sättigung bestimmt wird ( Abb. 4 ff.)

Die Beziehungen der Farbtöne zueinander und die Abhängigkeit der Summenkurven von der Sättigung kommen auch in einem Diagramm zum Ausdruck, das die  $-q_s$  (16 %)-, C (50 %)- und  $+q_s$  (84%)-Werte bzw. -Bereiche für die einzelnen Farbtöne darstellt.

Die mikroskopische Bestimmung der Remissionen der auf dem MUNSELL-System aufgebauten RCC-1963-Farbtafeln bietet uns die Möglichkeit, objektive, d.h. vom Beobachter unabhängige Farbvalenzbestimmungen unter dem Mikroskop im Auf- und Durchlicht durchzuführen und die Farbvalenzen mit den in den Geowissenschaften üblichen Bezeichnungen nach den RCC-1963 oder den MUNSELL Soil Color Charts zu benennen. Diese Methode wird es in Zukunft auch gestatten, Lumineszenzerscheinungen anorganischen und organischen Materials, beispielsweise die UV-Fluoreszenz von Mineralen, besser zu beschreiben.

Anschrift des Verfassers:

Hochschulprofessor Dr. Johann Georg HADITSCH  
Mariatrosterstraße 193  
A-8043 G r a z

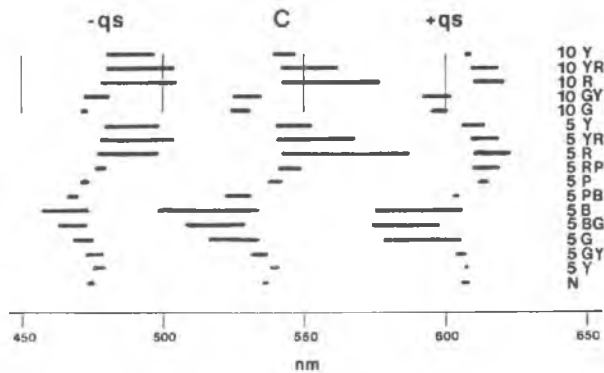
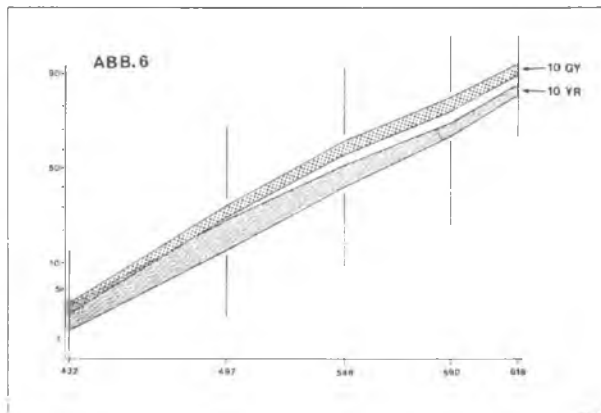
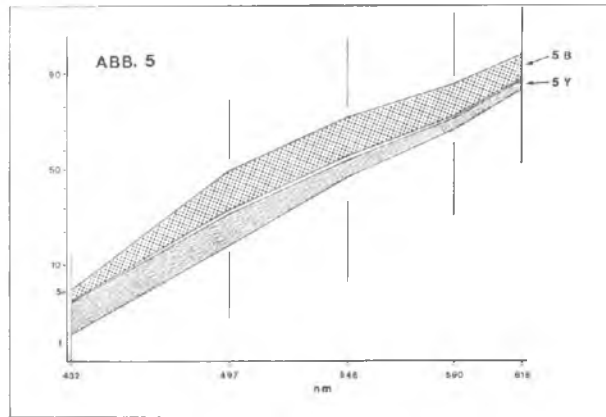
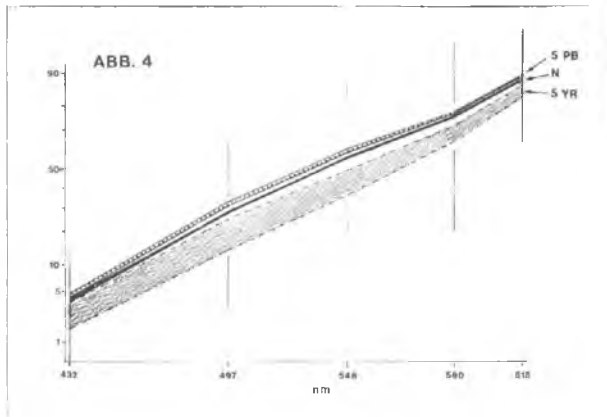


Abbildung 7