

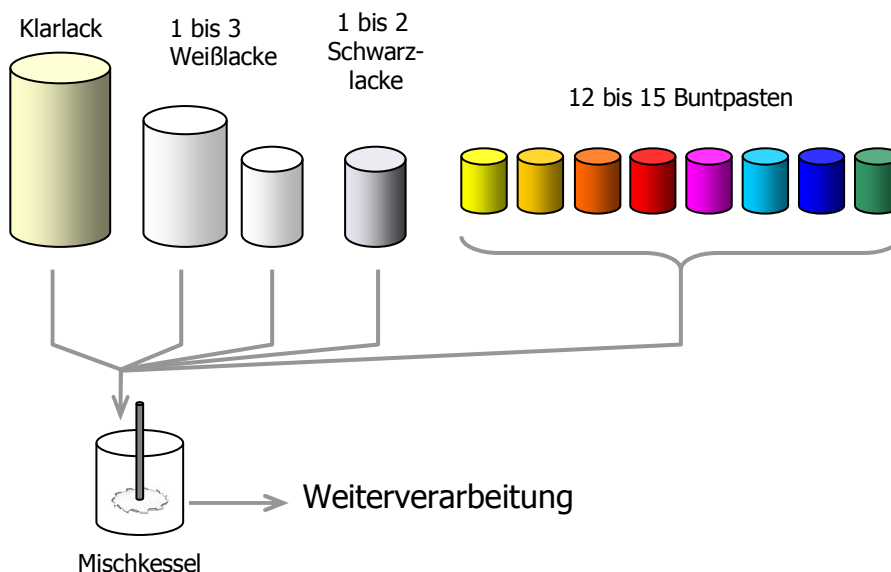
# Bewertung eines Farbmischsystems mit Hilfe der DIN99-Farbabstandsformel

Michaela Frey, Kathrin Wutzke, Renate Hiesgen und Georg Meichsner

Hochschule Esslingen, Kanalstraße 33, D-73728 Esslingen

## Farbmischsysteme – nützliche Helfer im Farbenlabor

Farbmischsysteme, auch Lackmisch-, Tinting- oder Pastensysteme wurden in den letzten zehn Jahren von der Industrie intensiv bearbeitet. Rohstoffhersteller bedienen das Marktsegment mit geeigneten Bindemitteln, Pigmenten, Pigmentpräparationen und Additiven. Wesentliche Innovationen kamen aus den Forderungen nach lösemittelfreien und Alkylphenoethoxylat (APEO) freien Systemen.



**Abbildung 1: Farbmischsysteme bestehen aus einem Klarlack (Bindemittellösung), Weißlacken, Schwarzlack, Buntlacken oder -pasten (Pigmentpräparationen).**

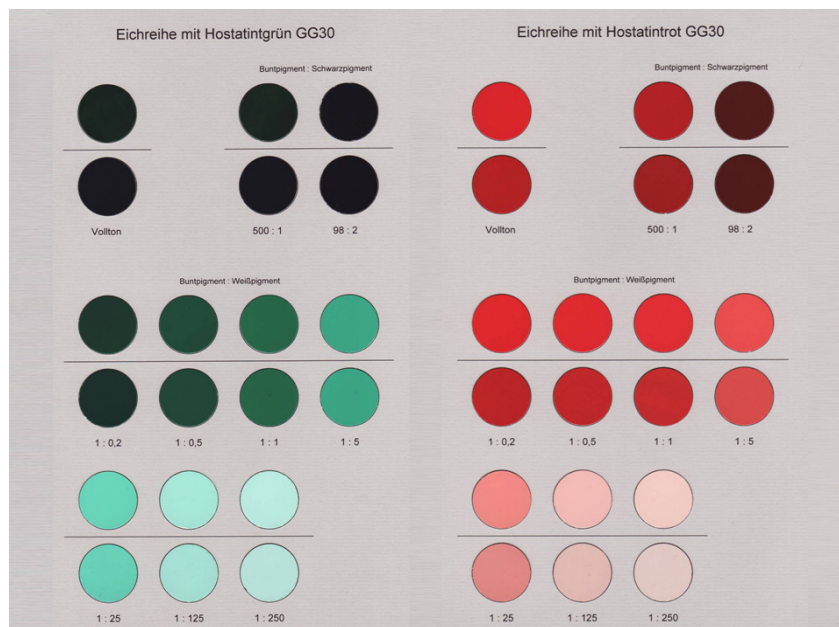
Kernstück solcher Systeme ist eine Rezeptberechnungssoftware, wie sie heute von mehreren Herstellern angeboten wird. In einem Farbmischsystem greifen jedoch mehrere Komponenten ineinander, und die Effektivität und die Präzision werden auf

unterschiedliche Art und Weise von den einzelnen Komponenten beeinflusst. Für die Praktiker im Labor ist es deshalb wichtig, objektive Bewertungskriterien für die Arbeit mit solchen Systemen zu entwickeln.

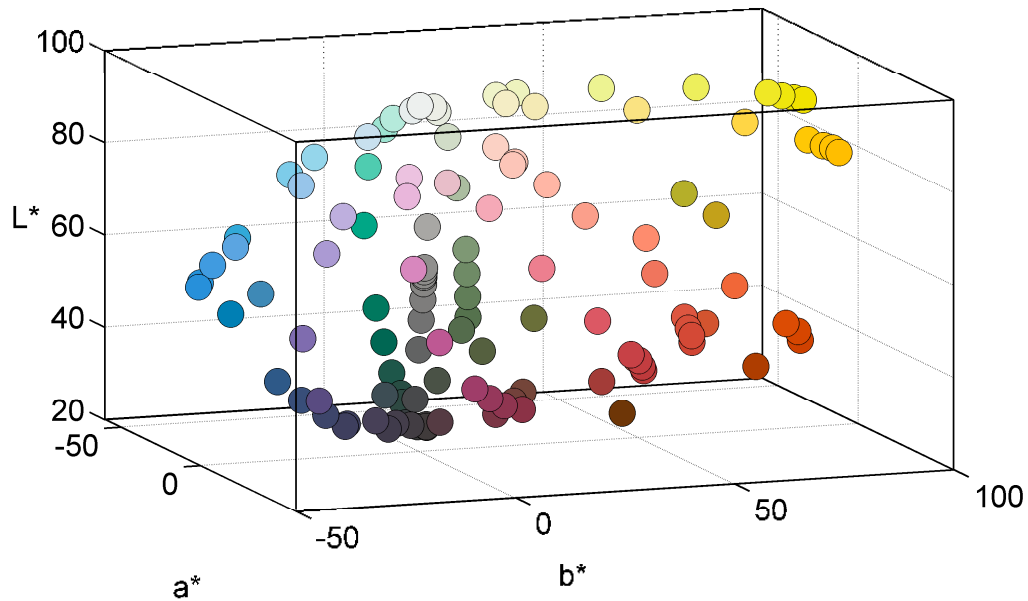
Die Datacolor AG stellte der Hochschule Esslingen die Rezeptberechnungssoftware Match Pigment<sup>®</sup> zur Verfügung, mit der ein Computer unterstütztes Farbmischsystem erarbeitet wurde. In zwei Bachelorarbeiten, über die hier berichtet wird, sollte zum einen gezeigt werden, wie sich die Qualität eines Farbmischsystems objektiv bewerten lässt und zum anderen, wie sich dabei die Vorteile der DIN99-Farbabstandsformel nutzen lassen.

### Erstellung eines Farbzeptiersystems

Zunächst erstellte man ein einfaches Farbmischsystem aus der wässrigen Styrolacrylatdispersion (Acronal 290D, BASF) und Pigmentpräparationen (Hostatint, Clariant). Da käufliche Pigmentpräparationen Pigmentgehalte von 20 bis 70% haben, stellte man zunächst Mischlacke mit einheitlichem Pigmentgehalt her. Aus diesen ermischte man die Lacke für die Eichreihen, applizierte sie auf Aufheller freie Kontrastkartons über Schwarz und Weiß und las die Farbörter in Match Pigment ein.

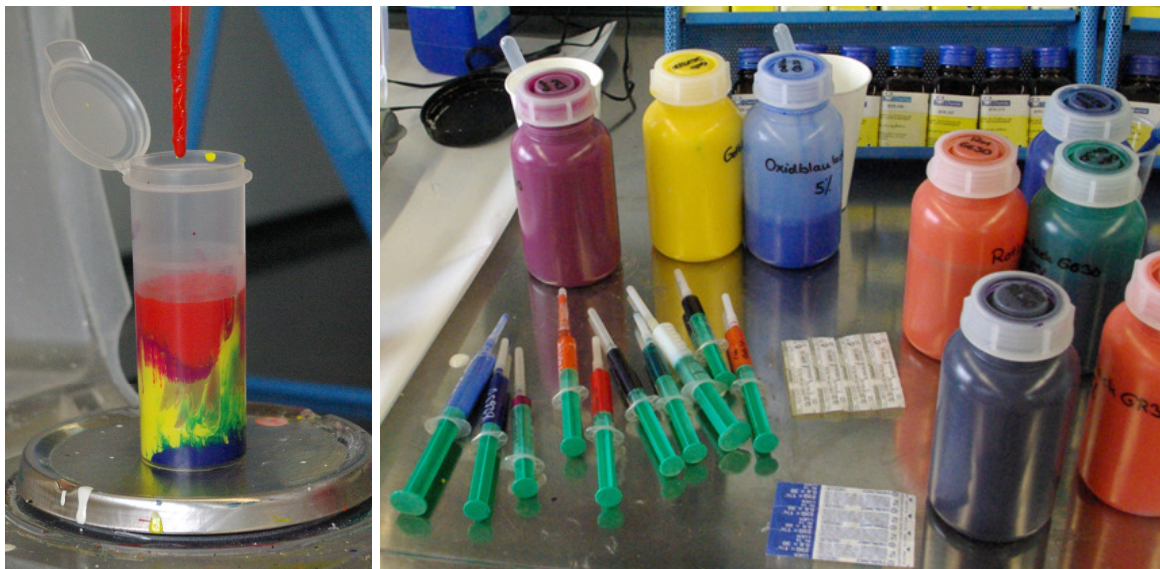


**Abbildung 2: Auf Kontrastkarton über Schwarz und Weiß applizierte Eichreihenproben, auf mittelgrauen Karton aufgeklebt.**



**Abbildung 3: Ausfüllung des CIELAB-Farbenraumes durch die verwendeten Eichreihen.**

In einer ersten Stufe wurden einzelne Eichreihenstufen mit der Rezeptberechnungssoftware errechnet und anschließend ermischt. Trotz des größeren erwarteten Fehlers mischte man nur relativ kleine Lackmengen, wobei die Mischlacke aus Spritzen fein dosiert wurden. Es wurde solange korrigiert, bis der Restfarbabstand ausreichend niedrig war. Durch Hinzunahme der Rezepte in die Datenbasis verringerten sich die erzielten Restfarbabstände und die Anzahl der notwendigen Korrekturen.



**Abbildung 4: Bei der Ermischung der Rezepte dosierte man grob aus Pipetten und fein aus Spritzen.**

## Was kennzeichnet die Qualität eines Farbrezeptiersystems

Die Qualität eines Farbrezeptiersystems lässt sich über die Größe des Restfarbabstandes zwischen dem Farbort der Vorlage und dem Farbort des aus dem berechneten Rezept ermischten Musters sowie der Zahl der benötigten Korrekturschritte bewerten. Gegebenenfalls lassen sich weitere Parameter bei der Bewertung hinzuziehen, was jedoch bei unseren Arbeiten keine Rolle spielte.

Prinzipielle Einflussfaktoren auf die Präzision einer Farbrezeptberechnung sind: die Qualität der Rohstoffe (Pigmentpräparationen, Bindemittellösung und ihre Konzentrationen), die Lackherstellung (Wägepräzision, Einwaagemenge u. Dosiergenauigkeit), die Lackapplikation (Schichtdicke, Homogenität, Deckvermögen, Oberflächentextur, Glanz), das Farbmessgerät (Wiederholbarkeit, Vergleichbarkeit), die Rezeptberechnungssoftware (zu Grunde liegende Theorie/Algorithmus) sowie auf der Seite des Anwenders Erfahrung und Sorgfalt. Ein Mangel bei einem dieser Faktoren wirkt sich auf die Qualität des Gesamtsystems aus.

## Vorteile der DIN99-Farbabstandsformel zur Bewertung von Restfarbabständen

Farbabstände lassen sich im CIELAB-Farbenraum durch den geometrischen Abstand  $\Delta E^*$  zwischen zwei Farbörtern angeben. Im  $L^*a^*b^*$ - und im  $L^*C^*H^*$ -Koordinatensystem verwendet man hierzu den Satz des Pythagoras (s. Gleichung 1).

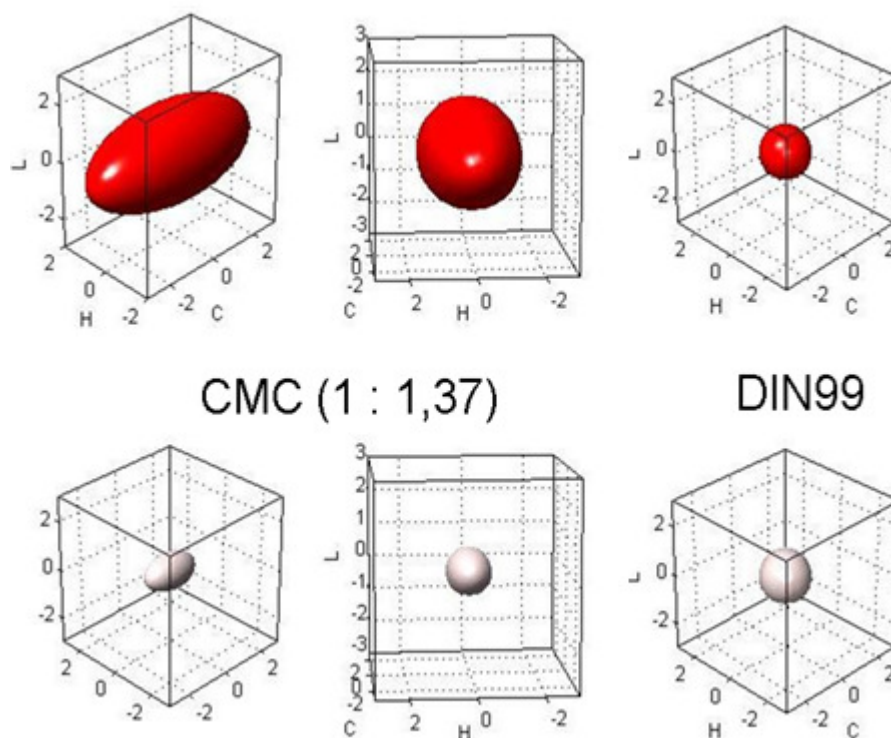
$$\text{Gleichung 1} \quad \Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta C^{*2} + \Delta H^{*2}}$$

Dabei ist  $\Delta L^*$  die Helligkeitsdifferenz,  $\Delta a^*$  die Blau-Gelb-Differenz,  $\Delta b^*$  die Grün-Rot-Differenz,  $\Delta C^*$  die Chromadifferenz und  $\Delta H^*$  die Bunttondifferenz.

Gleiche kleine Farbabstände, wie sie zwischen Vorlagen und ermischten Mustern vorkommen, werden jedoch in unterschiedlichen Regionen des Farbenraumes visuell nicht nur unterschiedlich groß bewertet, sie sind auch abhängig von ihrer Richtung unterschiedlich groß. So nimmt man beispielsweise bei einem identischen  $\Delta E_{ab}^*$  bei einem brillanten Rot visuell einen kleineren Farbabstand wahr, als bei einem pastelligen Rot.

Das CIELAB-System, das für große Farbabstände empfindungsgemäß gleichabständig ist, ist bei kleinen Farbabständen ( $\Delta E^*_{ab} < 5$ ), wie sie in der Qualitätssicherung und in der Rezeptberechnung vorkommen, nicht mehr gleichabständig.

Farbabstandsformeln wie die CMC-, CIE94- und CIEDE2000-Formel, die um einen Referenzpunkt einen ellipsoiden Toleranzraum mit  $\Delta E = \text{const.}$  beschreiben, beheben die mangelnde Gleichabständigkeit des CIELAB-Farbenraumes, büßen jedoch die Einfachheit und Anschaulichkeit ein. Je besser der visuell empfundene Farbabstand durch diese Modelle angenähert wird, umso komplexer sind die zu Grunde liegenden Berechnungsverfahren. Letztendlich sind diese Modelle unanschaulich, weil Farbabstände, ausgehend von einem Farbort in verschiedene Richtungen unterschiedlich lang sind und für jeden Farbort einzeln berechnet werden müssen.

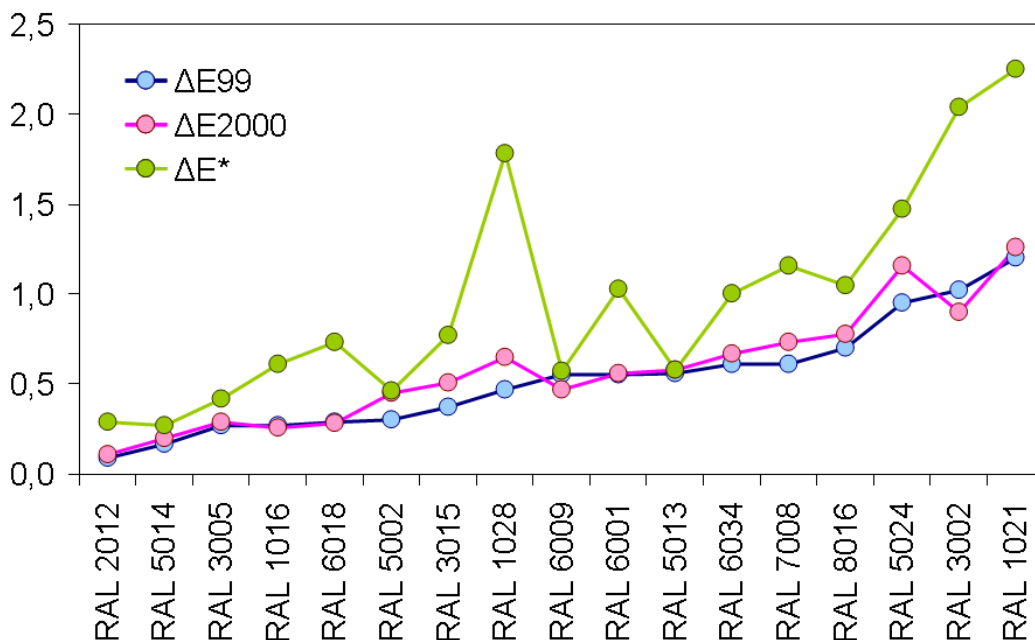


**Abbildung 5: CMC, CIE94, CIEDE2000 sind ellipsoidförmige Toleranzräume, deren Größe Farbort abhängig unterschiedlich groß ist. DIN99-Toleranzräume sind vom Farbort unabhängig immer gleich groß und kugelförmig – alle Farben lassen sich miteinander vergleichen.**

Mit dem DIN99-System liegt eine Farbabstandsformel mit einem zugehörigen für kleine Farbabstände empfindungsgemäß gleichabständigen Farbenraum vor. Toleranzräume sind im DIN99-System kugelförmig.  $\Delta E_{99}$  ist dadurch nicht nur in alle Raumrichtungen gleichgroß, zusätzlich ist  $\Delta E_{99}$  für alle Farbörter identisch, was das Modell sehr einfach, verständlich und anschaulich macht. Diese Voraussetzungen ermöglichen einen direkten Vergleich von Restfarbabständen aller Farben des Farbenraumes (s. Abbildung 6, Abbildung 7, Abbildung 8)

### Bewertung der Präzision des Farbzeptiersystems

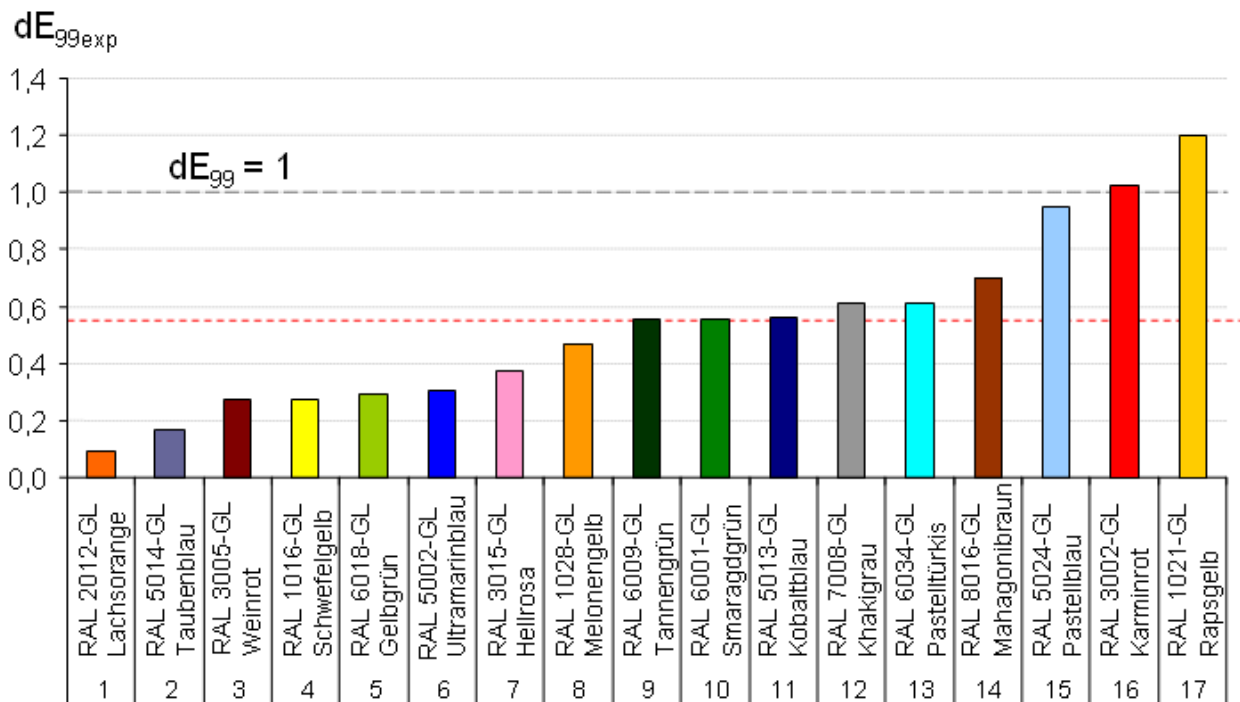
Zur Überprüfung des Farbzeptiersystems stellte man 17 RAL-Farben nach, ausgehend von RAL-Farbmusterkarten.



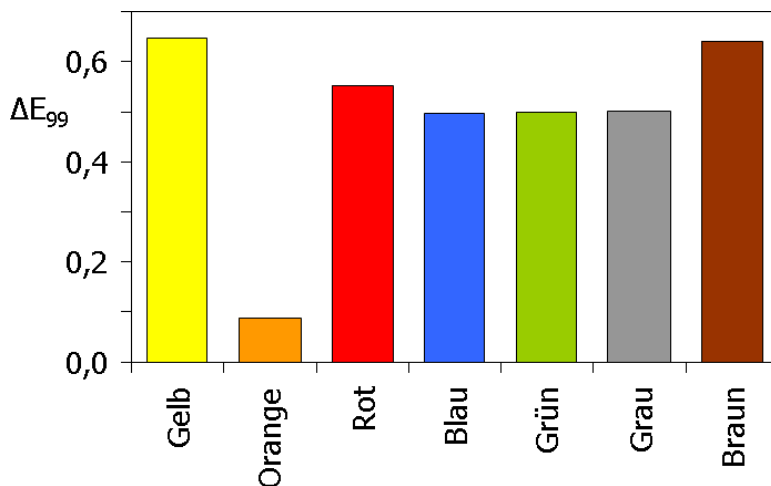
**Abbildung 6: Vergleich der Restfarbabstände  $\Delta E^*_{ab}$  im CIELAB-Sytem, sowie nach den beiden Farbabstandsformeln  $\Delta E_{2000}$  und  $\Delta E_{99}$ , die sich beide kaum unterscheiden.**

Abbildung 6 zeigt den Vergleich der Restfarbabstände  $\Delta E^*_{ab}$  im CIELAB-Sytem sowie nach den beiden Farbabstandsformeln  $\Delta E_{2000}$  und  $\Delta E_{99}$ , die sich beide kaum unterscheiden. Das CIELAB-System kann wegen seiner mangelhaften Gleichabständigkeit für die betrachteten Farbabstände nicht angewandt werden. Die Restfarbabstände unterschiedlicher Farben lassen sich jedoch im CIEDE2000- oder im DIN99-System vergleichen. Der dem visuellen Empfinden am nächsten liegende Farbabstand  $\Delta E_{2000}$

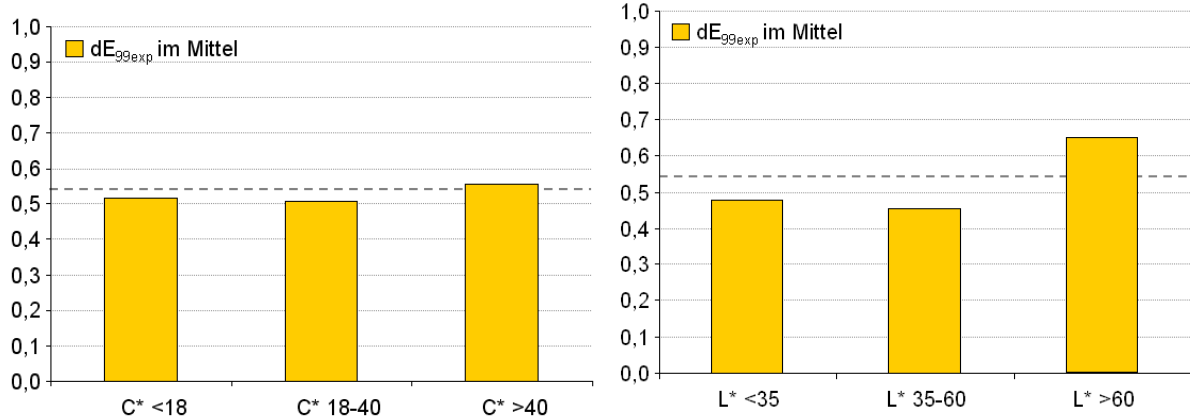
lieferte ähnliche Werte wie  $\Delta E_{99}$ . Das DIN99-System hat jedoch den Vorteil der besseren Anschaulichkeit und des Vektorcharakters von  $\Delta E_{99}$ .



**Abbildung 7: Restfarbabstände  $\Delta E_{99}$  korrigierter RAL-Farben. Der Mittelwert der experimentell erreichten Restfarbabstände lag bei  $\Delta E_{99} = 0,53$ .**



**Abbildung 8: Mittlere Restfarbabstände  $\Delta E_{99}$ , nach Farbtönen geordnet.**



**Abbildung 9: Mittlere Restfarbabstände  $\Delta E_{99}$ , nach Chroma und Helligkeit sortiert.**

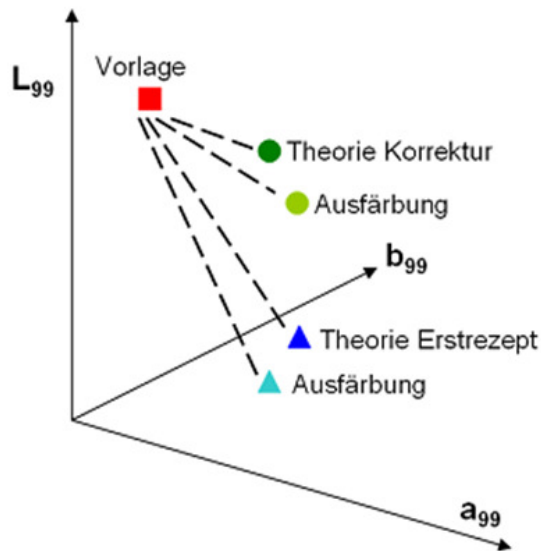
Ordnet man die mittleren Restfarbabstände  $\Delta E_{99}$  nach Farbton (Abbildung 8), Helligkeit oder Chroma (Abbildung 9), so lassen sich spezifische Eigenschaften des Farbmischsystems erkennen. Abbildung 8 zeigt, dass Eichreihen bei Gelb und Braun überprüft werden müssen. Abbildung 9 zeigt bei den hellen Farben ( $L^* > 60$ ) deutlich schlechtere Ergebnisse als bei den anderen Farben.

Lassen sich Farbabstände im CIELAB-System nicht untereinander vergleichen, erkennt man im DIN99-System den Mangel bei den hellen Farben, der sich durch eine bessere Abstufung der Eichreihen im pastelligen Bereich beheben ließ.

### **Beurteilung des Farbmischsystems**

Zur Beurteilung der Qualität wurde ein Benotungssystem entwickelt, das den Restfarbabstand  $\Delta E_{99}$  und die Anzahl der Korrekturschritte berücksichtigt.





**Abbildung 10: Restfarbabstände bei der Rezeptentwicklung: Erstrezept und Korrektur, vom Programm berechnet (Theorie) und auf der Ausfärbung gemessen.**

**Tabelle 1: Notenstufen für den Restfarbabstand und die Anzahl der Korrekturen.**

Note	$\Delta E_{99}$	Anzahl Korrekturen
0	< 1	0
1	1 - 2	1
2	2 - 3	2
3	3 - 4	3
4	4 - 5	4
5	> 5	> 5

**Gleichung 2** Gesamtnote = Note  $\Delta E_{99} \cdot 0,75$  + Note Korrekturversuche  $\cdot 0,25$

Dabei gewichtete man die Einzelnoten für den Restfarbabstand und die Zahl der Korrekturschritte unterschiedlich – im vorliegenden Fall im Verhältnis 0,75 : 0,25 (Gleichung 2). Die Art der Gewichtung lässt sich auf das jeweils untersuchte System beliebig anpassen. Auch das Hinzufügen weiterer gewichteter Kriterien ist möglich.

Das von uns entwickelte Testsystem führte nach Überarbeitung einzelner Eichreihen, die man mit Hilfe des Benotungssystems identifizierte, zu einer Verbesserung der Gesamtnote von ursprünglich 1,2 auf 0,6. Die ersten zehn ausgefärbten Eichreihenstufen zeigten die mittleren Restfarbabstände  $\Delta E_{99} = 0,86$ ,  $\Delta E_{2000} = 0,86$  bzw.  $\Delta E^*_{ab} = 1,69$ . Nach den oben erwähnten Optimierungsschritten verbesserte sich der Restfarbabstand nach und nach und man erhielt bei der Ausfärbung von RAL-Farben schließlich ein  $\Delta E_{99} = 0,53$ ,  $\Delta E_{2000} = 0,58$  bzw.  $\Delta E^*_{ab} = 0,97$ . Im Allgemeinen lag der Unterschied zwischen  $\Delta E_{99}$  und  $\Delta E_{2000}$  im Mittel bei lediglich 0,1. Beide Systeme lieferten also annähernd das gleiche Ergebnis, DIN99 ist jedoch anschaulicher.