

5 Ergebnisse

5.1 Farbänderung durch verfärbende Lösungen

Die folgenden Tabellen und Grafiken geben die ermittelten Ergebniswerte in ΔE -Werten an. Die Prüfkörper wurden für bis zu 4 Wochen in der verfärbenden Lösung gelagert. Die Ergebniswerte resultieren aus jeweils vier Messwerten eines einzelnen Prüfkörpers, die von dem Spektralphotometer gemessen und von dem angeschlossenen Verarbeitungsprogramm direkt zu einem Ergebniswert verarbeitet wurden. Diese Ergebniswerte wurden zu fünf unterschiedlichen Zeitpunkten der Lagerung gemessen. Die erste Messung erfolgte als Ausgangswert bereits vor dem Lagern in der Lösung, die zweite nach einem Tag, die dritte nach einer Woche, die vierte nach zwei Wochen und die letzte Messung nach vier Wochen. Der gemessene Prüfkörper wurde jeweils aus der Lösung genommen und archiviert.

Verfärbungen durch Filterkaffee

Der höchste, nach vier Wochen Lagerung in Filterkaffee erzielte Wert ist $\Delta E = 9,84$, verursacht bei dem Kunststoff Solidex. Compoplus erzielt mit $\Delta E = 5,05$ und Artglass mit einem Wert von $\Delta E = 3,6$ ebenfalls eine Verfärbung in einer Größenordnung, die vom menschlichen Auge erkannt werden kann. Das geringste Ausmaß an Verfärbung wird bei den Verblendkunststoffen Dentacolor und Targis erreicht. Bei Dentacolor beträgt die Verfärbung $\Delta E = 1,57$, bei Targis $\Delta E = 1,71$.

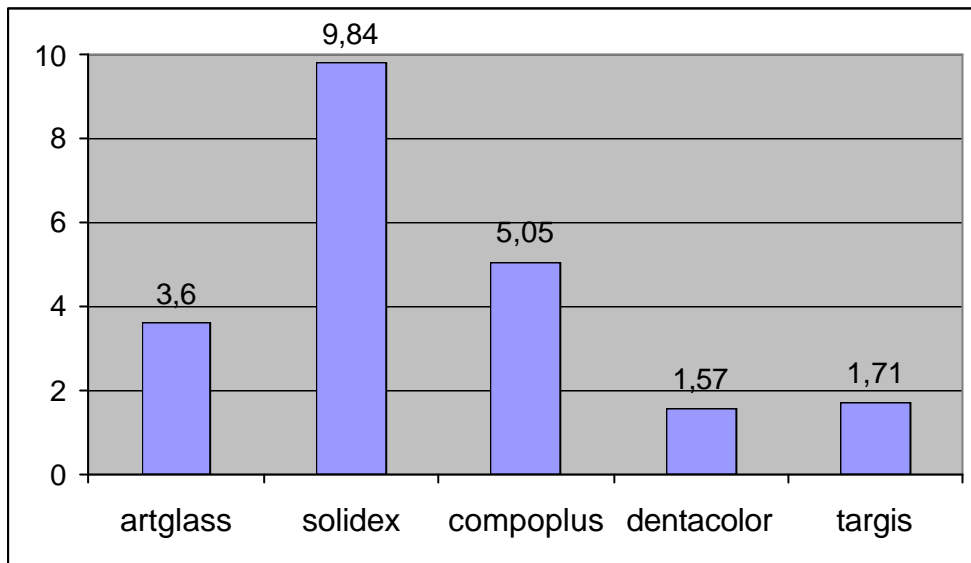


Abb. 5-1: Farbänderung ΔE nach 4 Wochen Lagerung der Prüfkörper in Filterkaffee.

Verfärbungen durch Chlorhexidin

Insgesamt liegen die erzielten Ergebnisse nach vier Wochen Lagerung in gebrauchsfertiger Chlorhexidinlösung (0,1g Chlorhexidindigluconat/ 100g Lösung) unter dem Wert $\Delta E = 3$. Die dabei höchsten Werte liegen bei $\Delta E = 2,82$, erzielt von dem Kunststoff Artglass, gefolgt von $\Delta E = 2,2$ erzielt an Targis.

Unter $\Delta E = 2$ liegen Dentacolor mit $\Delta E = 1,97$ sowie Compoplus mit $\Delta E = 1,48$. Der geringste, durch Chlorhexidin erzielte Wert ist $\Delta E = 1,06$, verursacht bei dem Kunststoff Solidex.

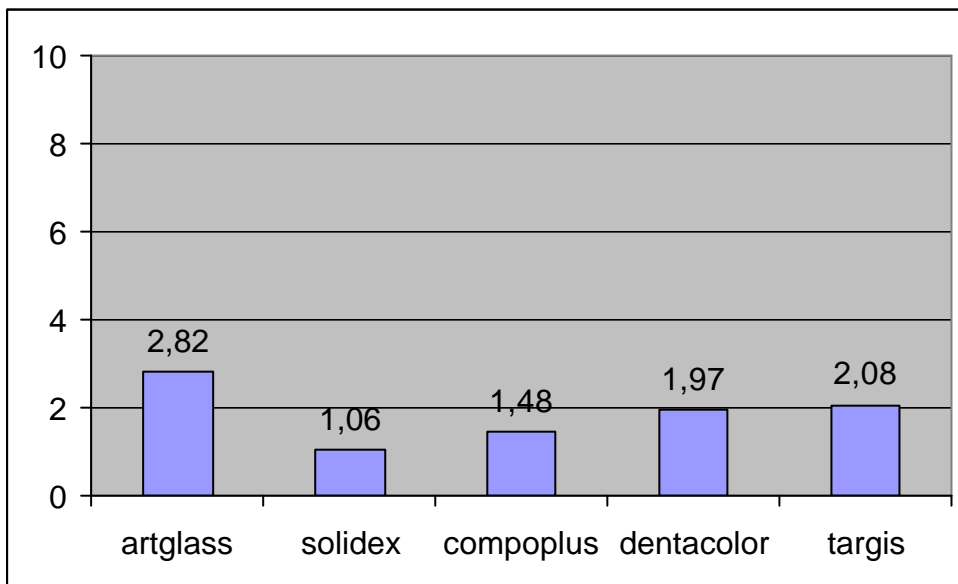


Abb. 5-2 Ermittelte Farbänderung ΔE nach Lagerung der Prüfkörper in einer gebräuchlichen, unverdünnten Chlorhexidinlösung für vier Wochen.

Verfärbungen durch Rotwein

Bei den Verfärbungen der Verblendkunststoffe, die nach vier Wochen durch Rotwein verursacht wurden, fällt die Verfärbung des Kunststoffes Solidex mit $\Delta E = 5,04$ als dem höchsten Wert auf. Compoplus erreicht einen Wert von $\Delta E = 3,36$ und liegt somit auch noch in dem für das menschliche Auge sichtbaren Verfärbungsbereich. Artglass erreicht einen Wert von $\Delta E = 2,03$ und Dentacolor von $\Delta E = 2,33$. Der niedrigste Wert wird von Targis erzielt, das nach vier Wochen eine Verfärbung von $\Delta E = 1,32$ hatte.

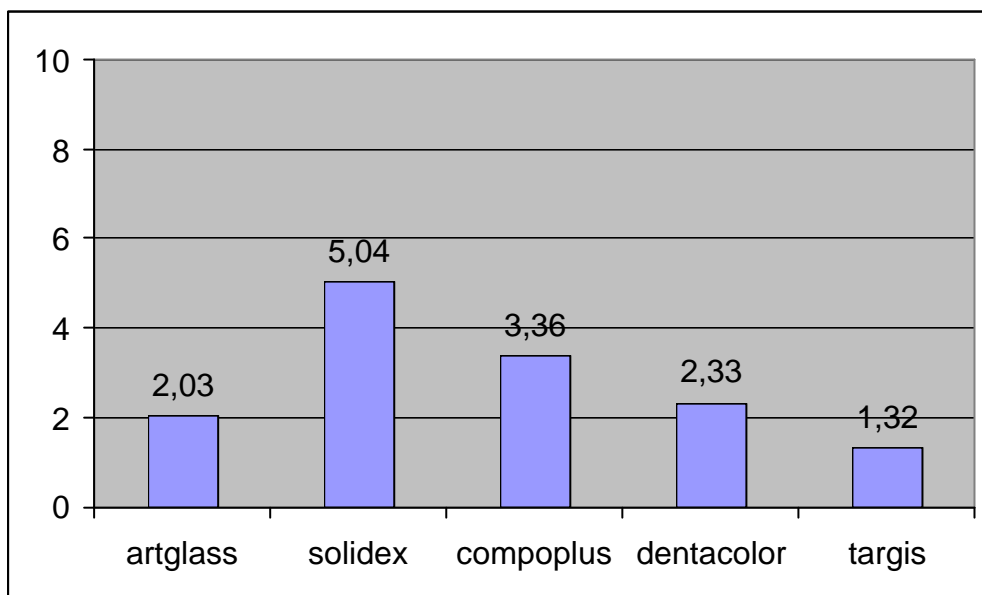


Abb. 5-3 Ermittelte Farbänderung ΔE der Prüfkörper nach Lagerung in Rotwein für vier Wochen.

Verfärbungen durch Sesamöl

Bei Betrachtung der durch Sesamöl nach vier Wochen verursachten Verfärbungen ist der bei Compoplus erreichte Wert mit $\Delta E = 3,25$ der einzige, der für das menschliche Auge im erkennbaren Bereich liegt.

Die übrigen ΔE -Werte liegen allesamt unter der Grenze von $\Delta E = 2$. Artglass erzielt dabei einen Wert von $\Delta E = 1,82$, Dentacolor erreicht $\Delta E = 1,57$ und Solidex erreicht $\Delta E = 1,27$. Der niedrigste Wert von $\Delta E = 0,67$ wird von Targis erzielt.

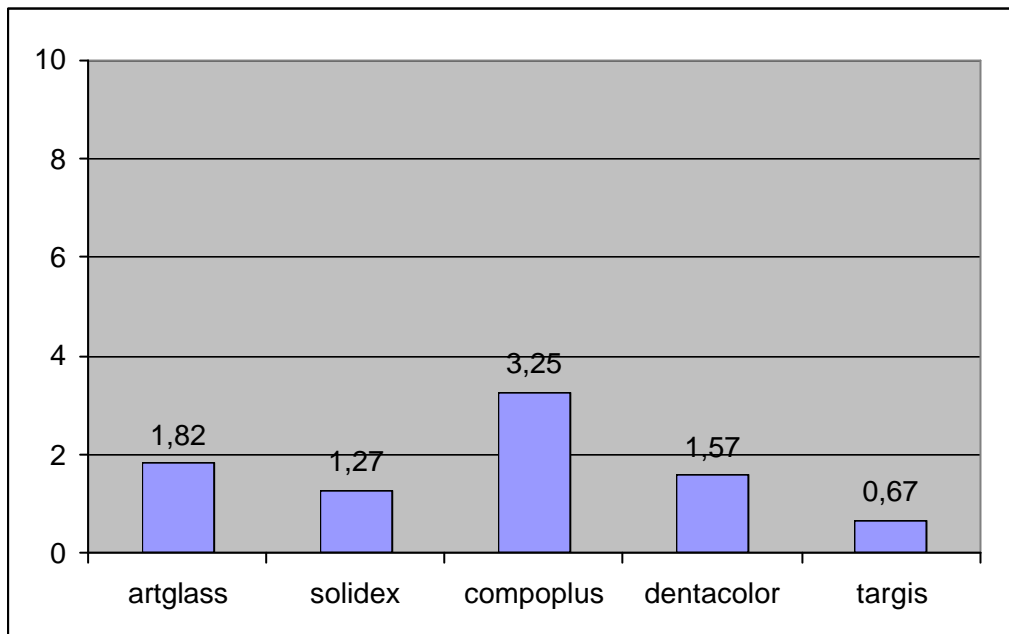


Abb.5-4: Ermittelte Farbänderung ΔE der Prüfkörper nach Lagerung in Sesamöl für vier Wochen

Verfärbungen durch schwarzen Tee

Nach vier Wochen in Schwarzem Tee wurden die Verblendkunststoffe wie folgt verfärbt: Den höchsten Wert erzielt dabei Artglass mit $\Delta E = 4,5$, gefolgt von Compoplus mit einem ΔE -Wert von 3,55.

Solidex erreicht einen Wert von $\Delta E = 2,11$ und Solidex erreicht $\Delta E = 1,84$. Der deutlich niedrigste Wert wird bei dem Verblendkunststoff Targis mit einem Wert von $\Delta E = 0,65$ erreicht.

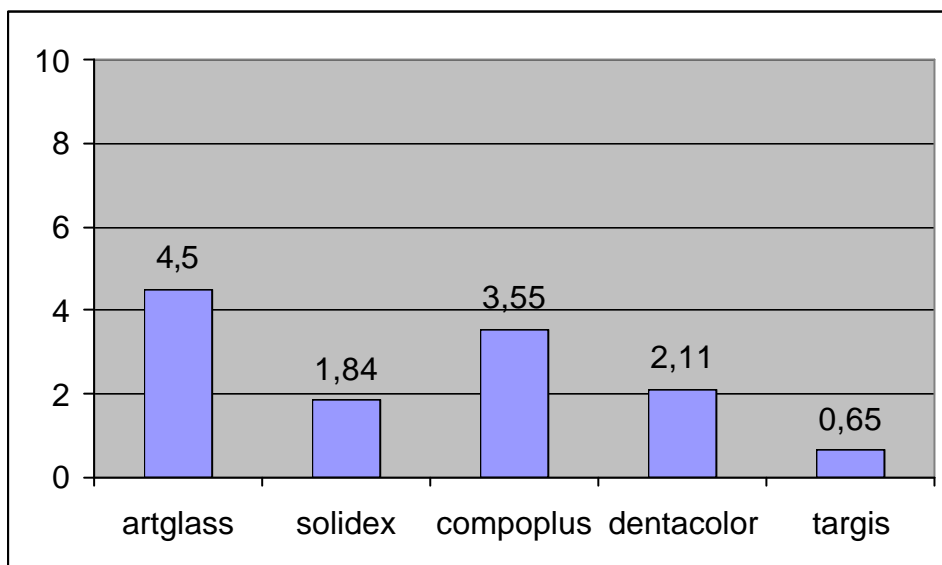


Abb. 5-5: Ermittelte Farbänderung ΔE der Prüfkörper nach Lagerung in Sesamöl für vier Wochen.

Verfärbungen durch Wasser

Auch Wasser verfärbte die verwendeten Verblendkunststoffe, allerdings in einem geringeren Ausmaß im Vergleich zu den weiteren verfärbenden Flüssigkeiten. Am höchsten wurde dabei mit $\Delta E = 1,73$ der Verblendkunststoff Dentacolor verfärbt.

Außer Artglass, das einen ΔE -Wert von 1,22 erreichte, liegen die übrigen Verblendkunststoffe nach der vierwöchigen Lagerung in Wasser unter dem Wert von $\Delta E = 1$. Im einzelnen sind das Solidex mit einem Wert von $\Delta E = 0,97$, Targis erreichte einen ΔE -Wert von 0,54 und Compoplus erreichte $\Delta E = 0,38$.

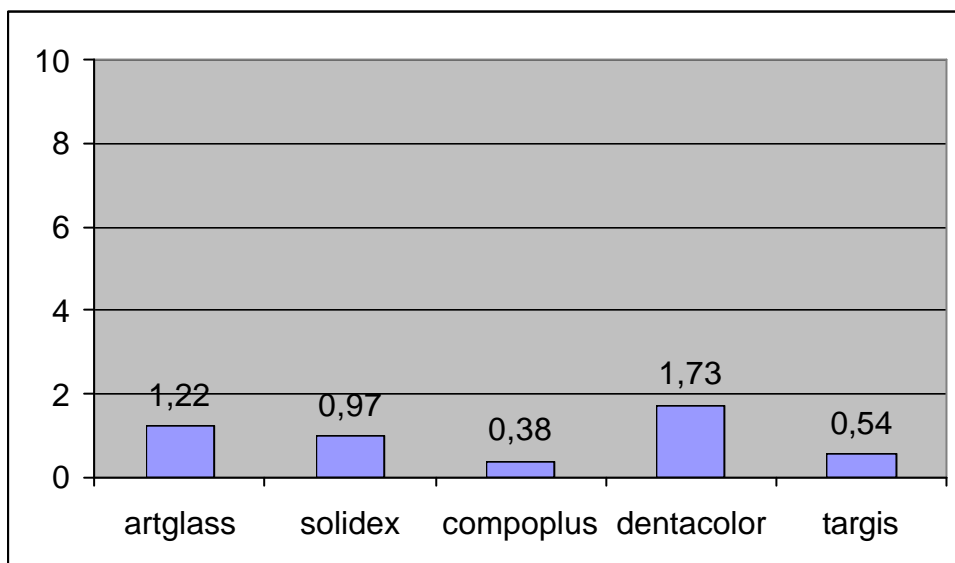


Abb.5.6: Ermittelte Farbänderung ΔE der Prüfkörper nach Lagerung in destilliertem Wasser für vier Wochen.

Verfärbungen durch löslichen Kaffee

Ähnlich wie bei Filterkaffee ist auch hier bei löslichem Kaffee Solidex derjenige Kunststoff, der deutlich nach vier Wochen Lagerung am stärksten verfärbt wurde. Der dabei erzielte Wert von $\Delta E = 8,3$ ist im Vergleich zu den übrigen Verblendkunststoffen ungewöhnlich hoch. Die nächsthöchsten Werte erreichen Compoplus mit $\Delta E = 2,88$ und Dentacolor mit $\Delta E = 2,31$. Am niedrigsten vielen die Werte aus bei Targis mit $\Delta E = 1,17$ und bei Artglass mit $\Delta E = 1,49$.

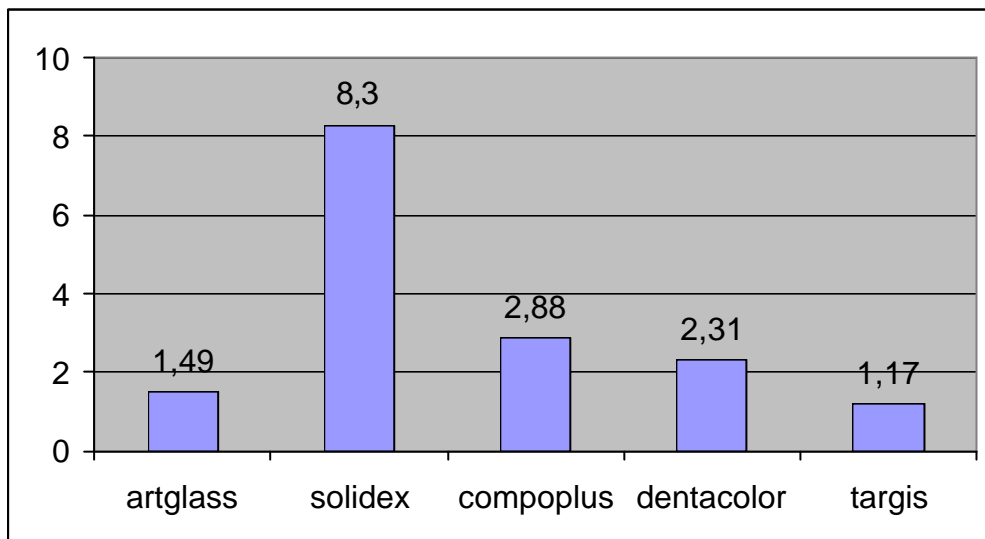


Abb. 5-7: Ermittelte Farbänderung ΔE der Prüfkörper nach Lagerung in löslichem Kaffee für vier Wochen.

5.2 Farbänderung der Verblendkunststoffe

Hierbei sind die ermittelten ΔE -Werte der verfärbten Kunststoffe in Bezug auf die jeweilige Verfärbungslösung dargestellt. Dabei ist der Verlauf in den Etappen von der Anfangsmessung vor der Lagerung in einer der verfärbenden Flüssigkeiten, nach dem Zeitraum von einem Tag, einer Woche, zwei Wochen und vier Wochen aufgeführt.

Die verwendeten Materialien werden, der übersichtlicheren Darstellung wegen, folgendermaßen gekennzeichnet:

filka = Filterkaffee
 CHX = Chlorhexidinlösung
 RW = Rotwein
 ses = Sesamöl
 tee = Schwarzer Tee
 H₂O = destilliertes Wasser
 kaf = löslicher Kaffee

art = Artglass
 sol = Solidex
 comp = Compoplus
 den = Dentacolor
 targ = Targis

Tab.5-1: Abkürzungen, die in den folgenden tabellarischen Darstellungen verwendet werden.

In den folgenden Tabellen bedeutet beispielsweise „filka-art“: Verblendkunststoff Artglass wurde in der Flüssigkeit Filterkaffee gelagert.

Durchschnittswerte Artglass

Verweildauer in der Lösung	1 Tag	1 Woche	2 Wochen	4 Wochen
filka-art	3,04	3,06	3,63	3,60
CHX-art	2,65	2,74	2,70	2,82
RW-art	1,59	1,90	1,92	2,03
ses-art	1,60	1,79	1,80	1,82
tee-art	2,05	3,05	4,40	4,50
H ₂ O-art	0,72	0,75	0,95	1,22
kaf-art	0,79	1,03	1,12	1,49

Tab.5-2: ΔE -Werte für die Verfärbung von Artglass, Verlauf über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Das Ausmaß der Verfärbung nach vier Wochen ist in einem Bereich zwischen $\Delta E = 1,22$ bei destilliertem Wasser und $\Delta E = 4,5$, verursacht durch Schwarzen Tee.

Auffällig bei Betrachtung der Darstellung des Verfärbungsverlaufes ist, dass die Kurven in unterschiedlichem Maße zu unterschiedlichen Zeitpunkten ansteigen. Der steilste Anstieg findet durchweg zwischen dem Nullwert und der Messung nach einem Tag Lagerung in den verfärbenden Flüssigkeiten statt. Bei Schwarzem Tee setzt sich der Anstieg nach 1 Tag bis 2 Wochen fort. Nach 2 Wochen flachen alle Kurven gleichermassen ab (siehe Abb. 5-8).

In der Chlorhexidinlösung zwischen den Messzeitpunkten nach einer Woche und nach zwei Wochen sowie im Filterkaffee zwischen den Messzeitpunkten nach drei Wochen und nach vier Wochen sinken die Kurven sogar ab, was auf eine Verringerung der Verfärbung schließen lässt. Diese Verringerung findet doch in so geringem Maße statt, dass man von einer Messungenauigkeit ausgehen kann.

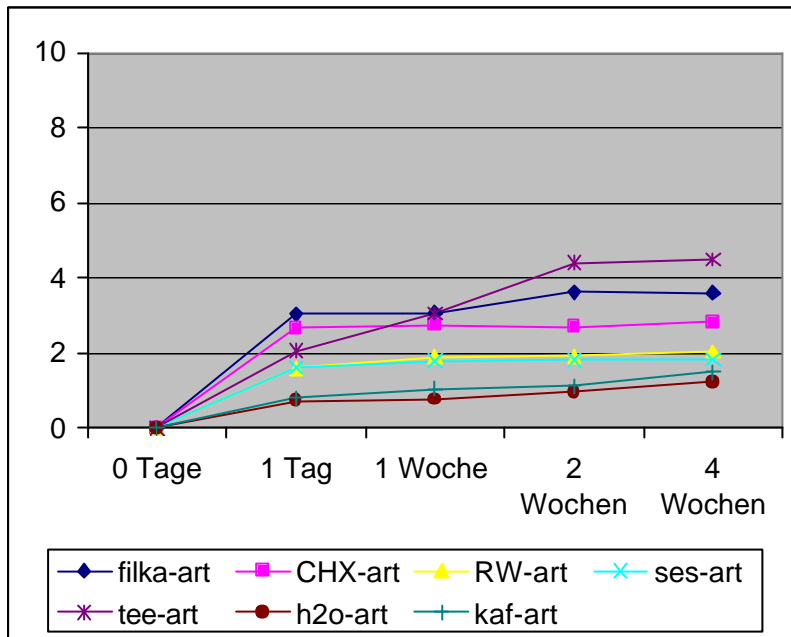


Abb.5-8: ΔE -Werte des Verlaufs der Verfärbung von Artglass über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Durchschnittswerte Solidex

Verweildauer in der Lösung	1 Tag	1 Woche	2 Wochen	4 Wochen
filka-sol	6,53	6,6	9,53	9,84
CHX-sol	0,24	0,85	0,97	1,06
RW-sol	2,18	3,79	4,31	5,04
ses-sol	0,59	1,25	1,23	1,27
tee-sol	0,8	0,92	1,17	1,84
H ₂ O -sol	0,36	0,83	0,9	0,97
kaf-sol	2,69	4,46	6,99	8,3

Tab.5-3: ΔE -Werte für die Verfärbung von Solidex, Verlauf über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen

Die Verfärbungen, die die verfärbenden Flüssigkeiten bei dem Kunststoff Solidex nach vier Wochen Lagerung in der Flüssigkeit verursachen, liegen in dem Bereich zwischen $\Delta E = 0,97$, verursacht durch destilliertes Wasser und $\Delta E = 9,84$, verursacht durch Filterkaffee. Bei dem Verlauf der Werte, verursacht durch Filterkaffee, flacht die Kurve auffällig ab zwischen den Messzeitpunkten nach einem Tag und einer Woche (siehe Abb.5-9). Weiterhin fällt auf, dass die Kurven für Filterkaffee, löslichen Kaffee und Rotwein relativ stark ansteigen, während die übrigen Kurven flach verlaufen unter dem ΔE -Wert von 2. Eine Verringerung der gemessenen Verfärbung findet in der verfärbenden Flüssigkeit Sesamöl zwischen den Messzeitpunkten nach einer Woche und nach zwei Wochen statt. Diese nicht zu erwartende Verringerung ist mit 0,02 ΔE -Einheiten jedoch so gering, dass man von einer Messungenauigkeit ausgehen kann.

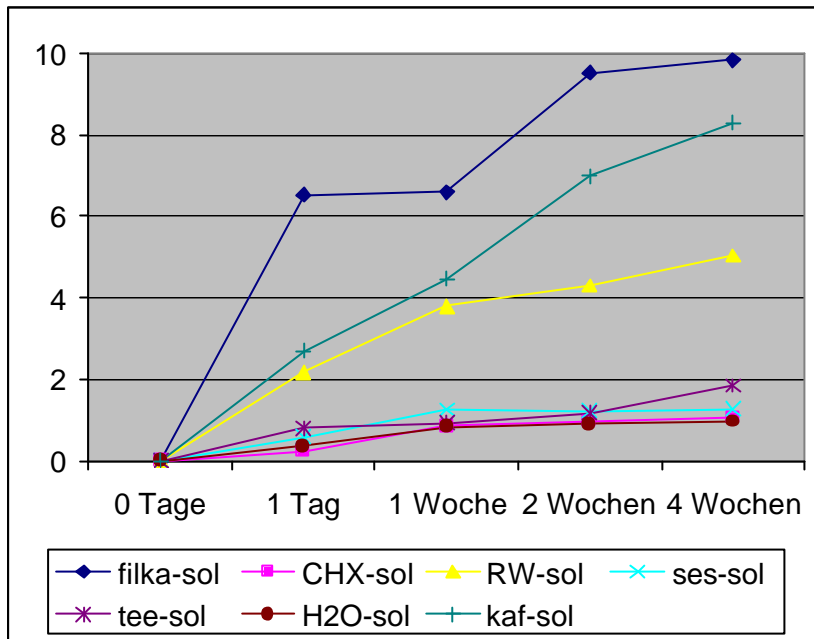


Abb.5-9: ΔE -Werte für den Verlauf der Verfärbung von Solidex über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Durchschnittswerte Compoplus

Verweildauer in der Lösung	1 Tag	1 Woche	2 Wochen	4 Wochen
filka-comp	1,98	2,99	3,69	5,05
CHX-comp	0,85	1,11	1,21	1,48
RW-comp	0,96	2,2	2,85	3,36
ses-comp	0,39	0,45	0,44	3,25
tee-comp	0,44	3,35	3,3	3,55
H ₂ O -comp	0,23	0,3	0,26	0,38
kaf-comp	1,34	2,5	2,86	2,88

Tab.5-4: ΔE -Werte für die Verfärbung von Compoplus, Verlauf über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Die Verfärbungen, welche die sieben verfärbenden Flüssigkeiten nach vier Wochen bei dem Verblendkunststoff Compoplus verursachten, liegen in dem Bereich zwischen $\Delta E = 0,38$ und $\Delta E = 5,05$. Der niedrigste Wert wurde durch destilliertes Wasser erreicht, der höchste durch Filterkaffee. Insgesamt sind, bis auf wenige Ausnahmen, die Kurven in der Grafik durchweg kontinuierlich ansteigend. Die Ausnahmen bilden hierbei Schwarzer Tee, dessen Kurve zwischen den Messzeitpunkten nach einem Tag und nach einer Woche sehr steil ansteigt, danach jedoch unerwarteterweise sogar abfällt. Das Absinken - also eine gemessene Verringerung der Verfärbung - liegt jedoch, im Gegensatz zu dem steilen Anstieg bei der Messung zuvor, im Bereich weniger hundertstel ΔE -Einheiten, weshalb man von einer Messungenauigkeit ausgehen kann. Eine ebenfalls zu diesem Zeitpunkt auffällig steil ansteigende Kurve (siehe Abb.5-10) ergibt sich zwischen den Messzeitpunkten nach zwei Wochen und nach vier Wochen Lagerung des Verblendkunststoffs in Sesamöl. Ein weiterer unerwartet absinkender ΔE -Wert ist in destilliertem Wasser zwischen Messzeitpunkten nach einer Woche und nach zwei Wochen. Auch diese nicht zu erwartende Verringerung der Verfärbung ist im Bereich weniger hundertstel ΔE -Einheiten und somit als Messungenauigkeit zu deuten. Im Gegensatz zu den Kurven von Chlorhexidin und Wasser steigen alle anderen Kurven deutlich über den Wert $\Delta E = 2$, wobei die Kurve für Sesamöl diesen Anstieg erst nach 2 Wochen aufzeigt.

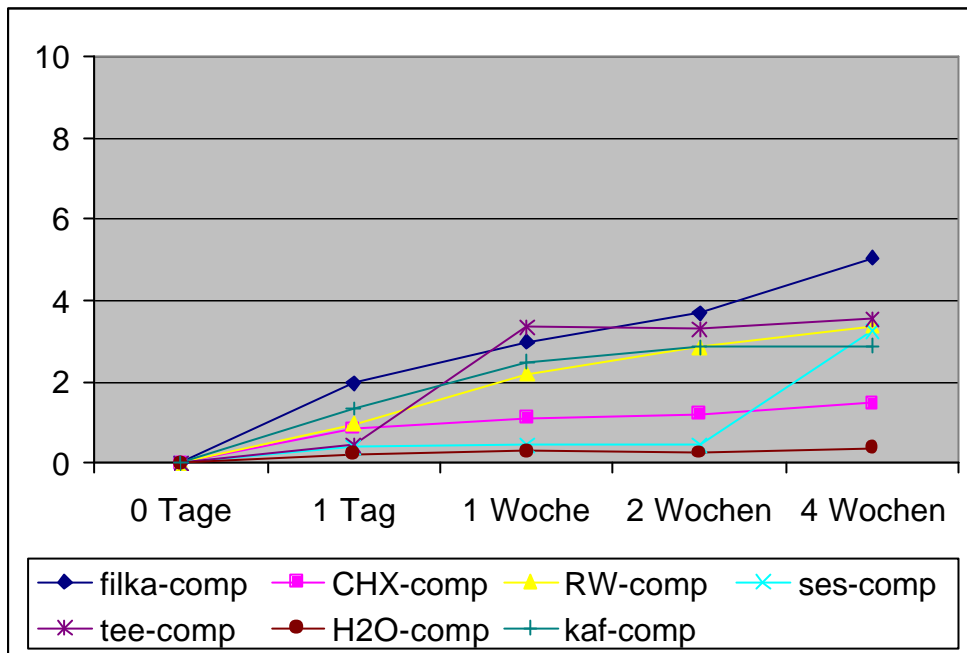


Abb.5-10: ΔE -Werte für den Verlauf der Verfärbung von Compoplus über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Durchschnittswerte Dentacolor

Verweildauer in der Lösung	1 Tag	1 Woche	2 Wochen	4 Wochen
filka-dent	0,43	1,29	1,46	1,57
CHX-dent	0,32	1,37	1,55	1,97
RW-dent	1,13	2,3	2,45	2,33
ses-dent	0,32	1,21	1,25	1,57
tee-dent	0,77	1,17	1,53	2,11
H ₂ O -dent	0,4	1,23	1,43	1,73
kaf-dent	1,11	2	2,23	2,31

Tab.5-5: ΔE -Werte für die Verfärbung von Dentacolor, Verlauf über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Nach Lagerung des Verblendkunststoffes Dentacolor für vier Wochen in den sieben verfärbenden Flüssigkeiten liegt der Bereich der Verfärbungen zwischen $\Delta E = 1,57$, jeweils verursacht durch Filterkaffee und Sesamöl, und $\Delta E = 2,33$, welches von Rotwein verursacht wurde. Bemerkenswert ist hierbei, dass destilliertes Wasser den Verblendkunststoff, wenn auch in geringem Masse, stärker verfärbte als es Filterkaffee und Sesamöl taten. Ansonsten sind die Kurven durchweg ansteigend bis auf die Ausnahme des leichten Kurvenabfalls bei Rotwein zwischen den Messzeitpunkten nach zwei Wochen und nach vier Wochen (siehe Abb.5-11), die jedoch in so geringem Masse stattfindet, dass man auch hier von einer Messungenauigkeit ausgehen darf. Auffällig ist, dass außer Rotwein und löslichem Kaffee, die wenig darüber liegen, keine der Kurven den ΔE -Wert von 2 deutlich übersteigt.

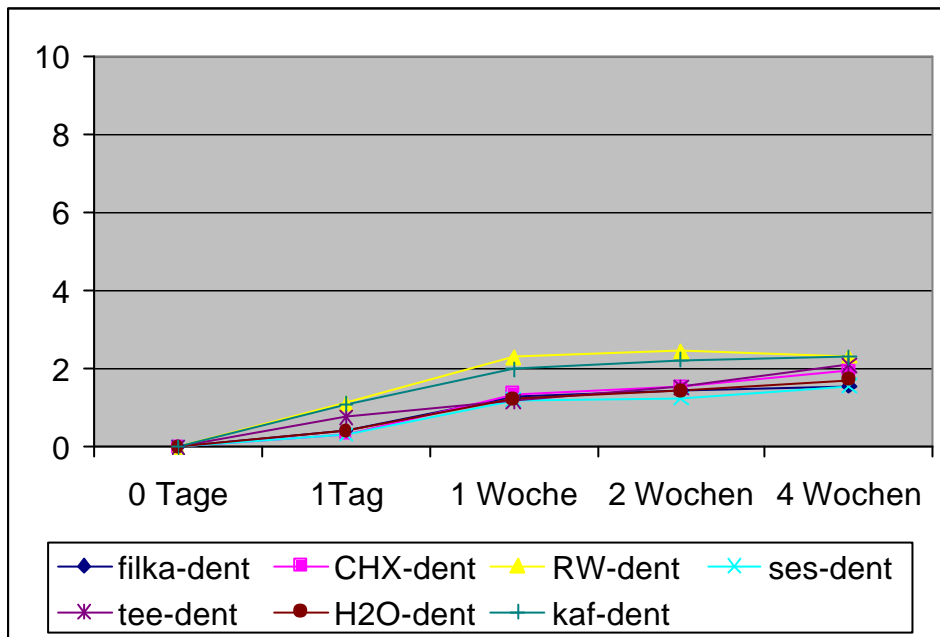


Abb.5-11: ΔE -Werte für den Verlauf der Verfärbung von Dentacolor über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Durchschnittswerte Targis

Verweildauer in der Lösung	1 Tag	1 Woche	2 Wochen	4 Wochen
filka-targ	0,65	0,92	1,42	1,71
CHX-targ	1,31	1,83	2,08	2,2
RW-targ	0,87	0,83	1,23	1,32
ses-targ	0,19	0,32	0,37	0,67
tee-targ	0,11	0,28	0,55	0,65
H ₂ O -targ	0,28	0,51	0,54	0,54
kaf-targ	0,43	0,83	0,64	1,17

Tab.5-6: ΔE -Werte für die Verfärbung von Targis, Verlauf über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

Insgesamt liegen die Verfärbungen des Verblendkunststoffes Targis nach Lagerung von vier Wochen in sieben verschiedenen verfärbenden Flüssigkeiten im Bereich zwischen $\Delta E = 0,54$ und $\Delta E = 2,2$. Am geringsten verfärbte zum Messzeitpunkt nach vier Wochen destilliertes Wasser, am stärksten verfärbte zu diesem Messzeitpunkt Chlorhexidin. Auch hierbei fallen zwei Messungen auf, die eine Verringerung der Verfärbung anzeigen. Im Rotwein verringert sich der ΔE -Wert zwischen den Messzeitpunkten nach einem Tag und nach einer Woche um wenige hunderstel ΔE -Einheiten. Ein stärkerer Abfall der Kurve tritt bei löslichem Kaffee zwischen den Messzeitpunkten nach einer Woche und nach zwei Wochen auf. Die Verringerung beträgt hier 0,19 ΔE -Einheiten. Weiterhin auffällig ist, dass destilliertes Wasser, das erwartungsgemäß nur geringere Verfärbungen verursachen dürfte, zu den Zeitpunkten nach einem Tag, nach einer Woche und nach zwei Wochen stärkere gemessene Verfärbungen verursacht als Schwarzer Tee und Sesamöl zu den selben Zeitpunkten. Außer durch Chlorhexidin, dessen Wert nur wenig darüber liegt, wurde der ΔE -Wert 2 von keiner der Kurven überschritten.

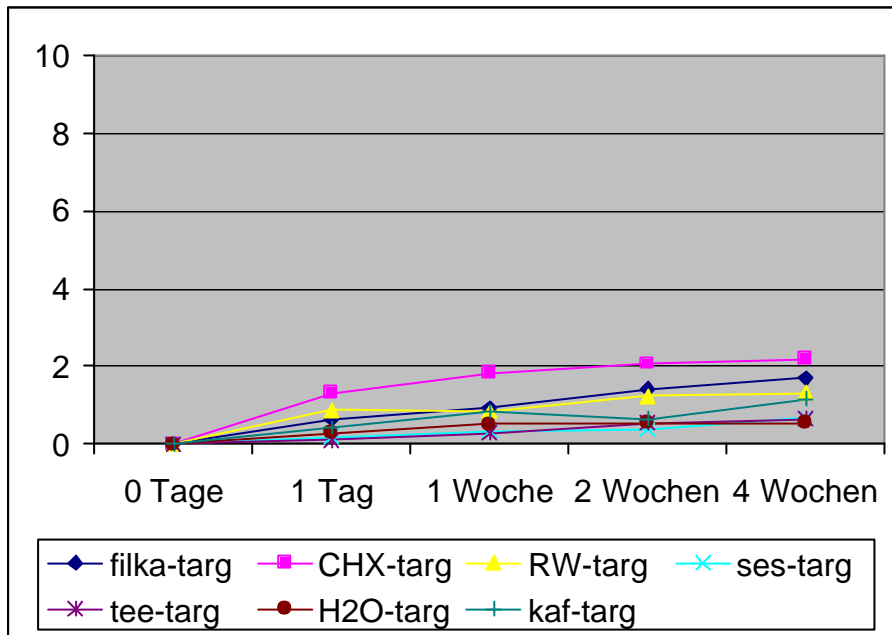


Abb.5-12: ΔE -Werte für den Verlauf der Verfärbung von Targis über 4 Wochen mit 7 verfärbenden Substanzen.

5.3 Vergleich der Ergebnisse der Verblendkunststoffe

Abbildung 5-13. enthält die ermittelten Werte für die Kunststoffe in den verwendeten verfärbenden Lösungen. Angegeben ist hier der Bereich zwischen dem niedrigsten und dem höchsten ermittelten Wert. Die angegebenen Werte entstammen einer Reihe von sieben Werten, entsprechend den sieben verwendeten verfärbenden Lösungen.

Die Verblendkunststoffe Solidex und Compoplus erreichen dabei die höchsten Werte. Bei beiden ist der Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert wesentlich größer als bei den anderen Verblendkunststoffen. Die Differenz zwischen dem niedrigsten und dem höchsten gemessenen Wert beträgt bei Solidex fast 9 ΔE -Einheiten. Dies ist auf die Kombination mit Filterkaffee zurückzuführen, wie an anderer Stelle gezeigt wird. Der niedrigste Wert resultiert dabei aus der Kombination mit Wasser.

Bei Compoplus beträgt diese Differenz fast 5 ΔE -Einheiten. Ebenfalls ergibt die Kombination mit Filterkaffee den höchsten, die mit Wasser den niedrigsten Wert. Im unteren Bereich der Messergebnisse liegt Targis. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten hierbei erzielten Wert beträgt 1,66 ΔE -Einheiten. Bei Dentacolor differieren die Werte zwischen $\Delta E = 1,57$ und $\Delta E = 2,33$ die geringste Spanne innerhalb dieser Gruppe. Bei Artglass ist der Unterschied zwischen dem niedrigsten und dem höchsten gemessenen Wert etwa 3 ΔE -Einheiten, zwischen $\Delta E = 1,49$ und $\Delta E = 4,5$.

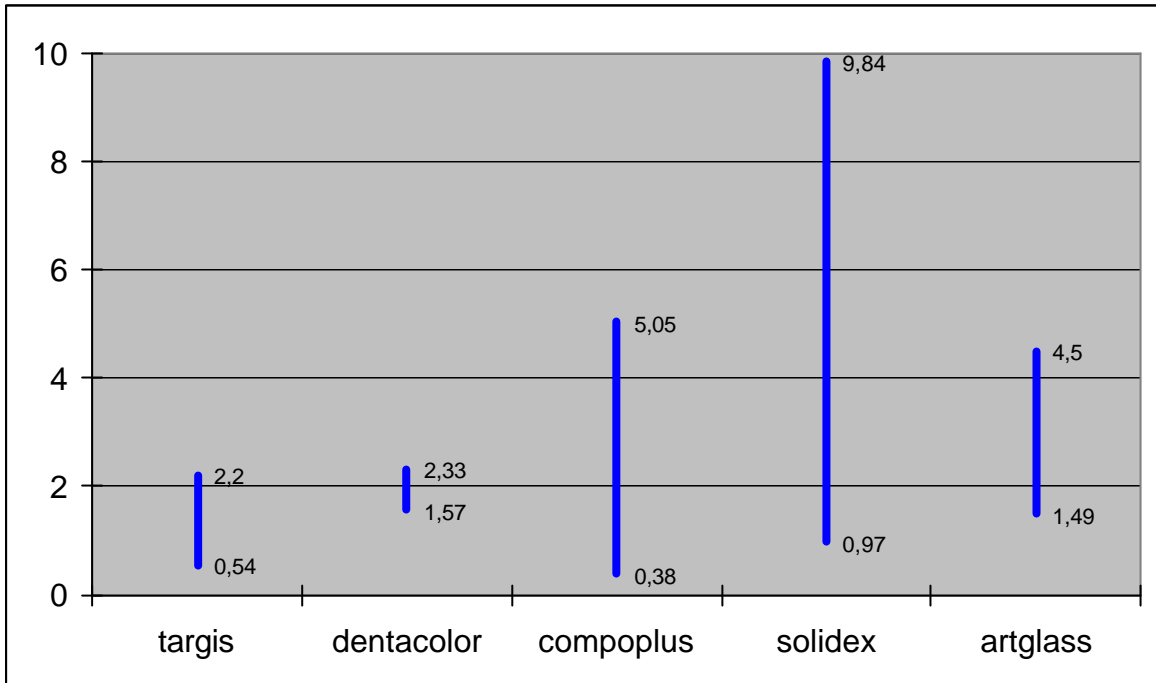


Abb.5-13: Durch Flüssigkeiten verursachte Verfärbungen an Verblendkunststoffen, angegeben in ΔE . Die Werte resultieren aus Messungen von jeweils sieben verfärbenden Flüssigkeiten, aufgeführt ist der Bereich zwischen dem höchsten und dem niedrigsten erzielten Wert.

5.4 Vergleich der Ergebnisse der verfärbenden Flüssigkeiten

Die Ergebnisse der einzelnen Verfärbungslösungen resultieren aus jeweils fünf Einzelwerten, entsprechend der Anzahl der Verblendkunststoffe, die in ihnen gelagert wurden. Dargestellt ist jeweils die Spanne zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert. Die auffälligsten Ergebnisse zeigen der Filterkaffee und der lösliche Kaffee.

Der höchste Wert wird mit $\Delta E = 9,84$ vom Filterkaffee erzielt. Der niedrigste vom Filterkaffee erzielte Wert beträgt $\Delta E = 1,57$, das heisst, es besteht dazwischen eine Spanne von $\Delta E = 8,27$. Ebenfalls sehr hoch fallen die Ergebnisse von löslichem Kaffee aus. Der höchste Wert beträgt $\Delta E = 8,3$, der niedrigste Wert beträgt $\Delta E = 1,49$. Das ist eine Differenz von $\Delta E = 6,81$. Der Verblendkunststoff, der sowohl durch Filterkaffee als auch durch löslichen Kaffee derart stark verfärbt wurde, ist Solidex. Die beiden unteren Werte wurden durch das Lagern in Wasser erzielt.

Für das menschliche Auge noch sichtbare Verfärbungen werden ebenfalls von den verfärbenden Flüssigkeiten Rotwein und schwarzer Tee erreicht. Der höchste gemessene Wert bei Rotwein liegt bei $\Delta E = 5,04$, der niedrigste beträgt $\Delta E = 1,32$. Das ergibt eine Distanz von $\Delta E = 3,72$. Bei Schwarzem Tee beträgt der höchste Wert $\Delta E = 4,5$, der niedrigste $\Delta E = 0,65$ und somit eine Distanz von $\Delta E = 3,85$.

Sesamöl erzielt als höchsten Wert $\Delta E = 3,25$ und liegt somit auch noch im für das menschliche Auge sichtbaren Bereich, der niedrigste Wert beträgt $\Delta E = 0,67$.

Die sowohl niedrigsten Verfärbungswerte als auch die geringsten Distanzen zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert wurden von Chlorhexidin und destilliertem Wasser erzielt. Bei Chlorhexidin beträgt der höchste Wert $\Delta E = 2,82$, der niedrigste $\Delta E = 1,06$; die Differenz ist $\Delta E = 1,76$. Bei destilliertem Wasser beträgt der höchste Wert $\Delta E = 1,73$, der niedrigste $\Delta E = 0,38$ und die Differenz $\Delta E = 1,35$.

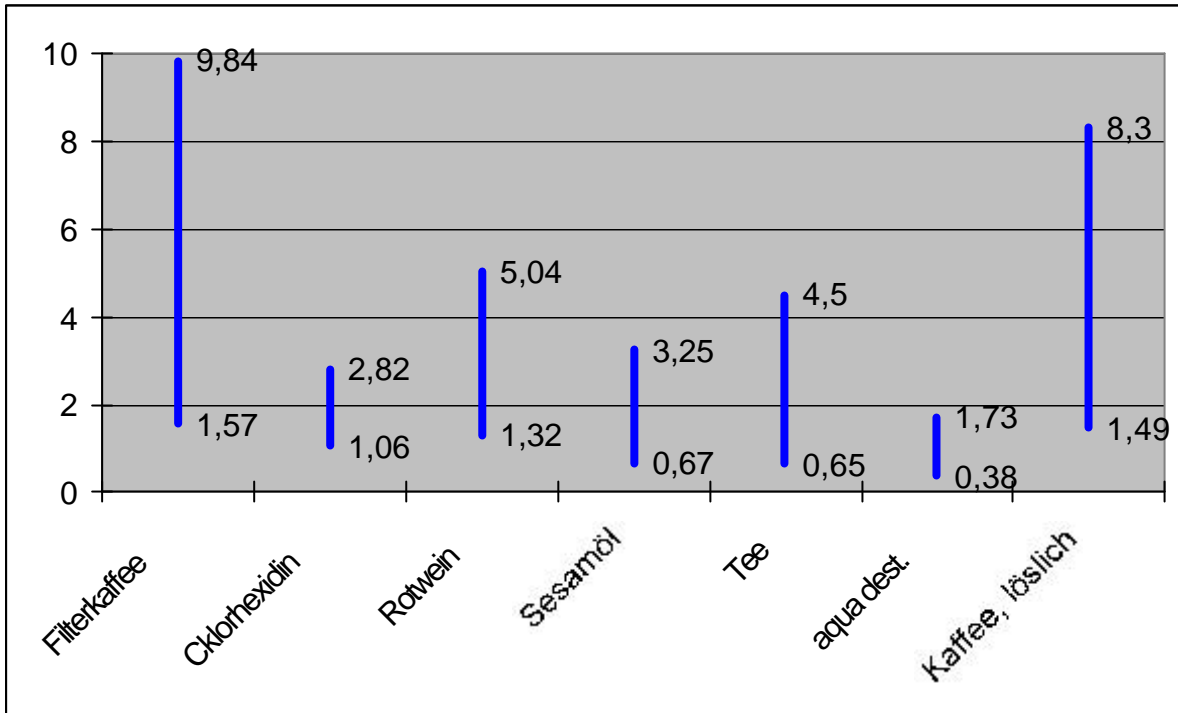


Abb. 5-14: Durch sieben Flüssigkeiten verursachte Verfärbungen an fünf Verblendkunststoffen, angegeben in ΔE . Aufgeführt ist der Bereich zwischen dem höchsten und dem niedrigsten erzielten Wert.