

Gamle og nye farvesystemer

– evalueret i lyset af dental farveforståelse

Jakob Kihl

Normal praksis i klinikken er farvevalg ud fra farveskalaer. Fejl i farvevalg har ført til udvikling af nye farveskalaer. Ensidig videnskabelig evaluering af disse er vanskelig. Videnskaben i dag stræber efter objektivitet og definerer fx farver ved forskellige bølgelængder. I den klassiske fysik kan farver altså måles, men farver har andre kvaliteter og egenskaber som ikke kan måles, men som vi umiddelbart kan sanse. Denne videnskabelige »upålidelighed« kan give reproduktionsproblemer. Det har derfor betydning at have et enkelt, men samtidig repræsentativt farvesystem til brug i klinikken. Vitapan 3-D Master (VITA Zahn Fabrik, Tyskland) synes at dække dette behov.

Korrekt farvevalg er et ultimativt krav for korrekt keramisk protetik, desværre ikke altid set med tandlægens øjne, men altid vurderet fra modtageren, patienten (1), og dennes krav til arbejdet (2). Hensigtsmæssig farvegengivelse er indikationen for valget af keramik (3-11), hvor materialets farvetoning skal passe ind i et naturligt tandsæt – helst ikke omvendt. Analoge farverefencer til keramik, fx Vitapan classical Lumin-Vacuum (VITA Zahn Fabrik, Tyskland), Chromascope (Ivoclar-Vivadent) (Ivoclar AG, Liechtenstein) og Biodent/Bioplus (begge De Trey-Dent-sply Co. Inc., USA), er nogle af de mest anvendte systemer til farvevalg i klinikken. Disse meget forenklede farvekodninger er enkle for den utrænede at anvende i den daglige klinik, men repræsenterer kun en meget lille og forvredet del af de naturlige tænders farver (Fig. 1) og kan medføre unødvendigt mange forkerte farvevalg (6,11-18).

Det er derfor velkendt at farvetagning efter fx Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala er upræcis og utilstrækkelig (14,19), selvom den er den mest anvendte (6). Alternativer har helt eller delvist ligeledes været konstrueret efter oven-

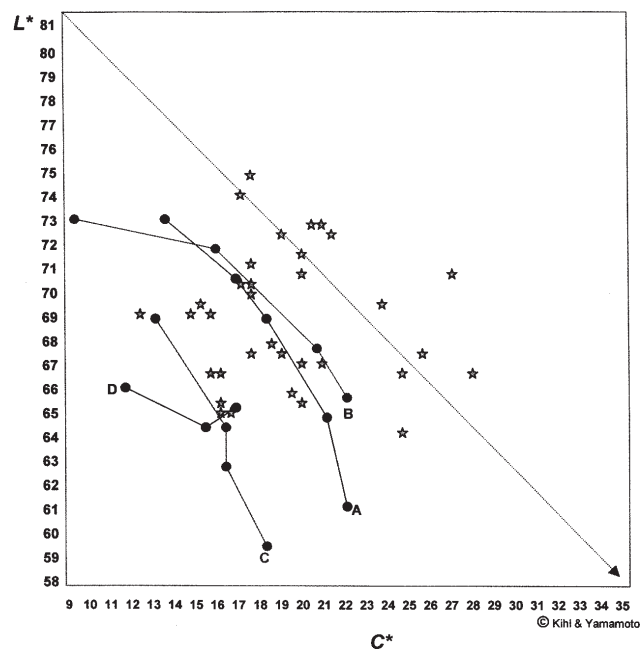


Fig. 1. Sammenligning af naturlig tand (stjerner) og Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala (A,B,C,D) ved anvendelse af CIE L*a*b* farvemålinger i L*-C* planet (modificeret CIE L*a*b*: CIE LCH). (Måleresultater venligst stillet til rådighed af M. Yamamoto (12)).

Fig. 1. Comparison of colour measurement results using CIE L*a*b* among natural teeth (stars), and Vitapan classical Lumin-Vacuum shade guide (A, B, C, D) in the L*-C* plane (modified CIE L*a*b*: CIE LCH). (Results for colour measurements by courtesy of M. Yamamoto (12)).

nævnte Vitapan classical Lumin-Vacuum farvesystem (20). Specielt angivelse af farvevalg til keramik som fx »A 3,5« kan være problematisk for en tandtekniker (6), idet det vil svare til at en malermester på bestilling skal levere en »rød maling« uden at have set den oprindelige farve. Enhver med kendskab til farvevalg til boliger, biler og tøj ved at dette ikke kan lade sig gøre.

Tæt, personligt samarbejde mellem tandlæge og tandtekniker på keramisk laboratorium har været en forudsætning for at afhjælpe flere af fejlmulighederne (1,6,21-23).

Der har været udført en omfattende forskning i udviklingen af mere repræsentative farvesystemer til farvevalg i klinikken (12,13,19,24), og VITA Zahn Fabrik har selv erkendt sin Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala som værende utilstrækkelig (25).

I 1998 er to nye systemer, Vintage Halo Computer Color Search/Shade Eye System (VHPS/SES System) (Shofu, Japan) og Vitapan 3-D Master (VITA Zahn Fabrik, Tyskland), blevet introduceret til brug i klinikken (12,13,25). Disse nyudviklede farvesystemer evalueres derfor i det følgende.

Den vigtigste farvereceptor: Øjet og CNS

Øjets farveopfattelse er ikke nødvendigvis parallel med den fysiske årsag til farvens opståen. Farvefornemmelse opstår ved at elektromagnetisk stråling modtaget på øjets nethinde, udløser en farvestimulus af fysiologisk karakter der videreføres til CNS. Strålepassagen gennem hornhinde og regnbuehindens åbning er analogt til lysstrålepassagen i et fotografiapparat, men nyere undersøgelser har vist at resten af synsprocessen er en aktiv proces, hvor CNS fortolker og analyserer den synlige verden (26-29).

CNS »ser« omverdenen på en helt anden måde end vi oplever den. CNS behandler nemlig ikke det vi ser som et helt billede. Tværtimod bliver synsindtrykket inde i hjernen opløst i en masse delkomponenter der analyseres hver for sig (30). Farveopfattelsen analyseres i ét område af hjernen, hvorimod tandens form opsplittes i de enkelte delelementer (linier, kanter, kurver og vinkler) og analyseres et andet sted end farven. Synsprocessen er en aktiv proces hvor hjernen hele tiden forsøger at konstruere et sammenhængende og meningsfyldt billede. Dette resulterer i at det vi ser, i virkeligheden er noget hjernen har fundet på.

CNS og »synsbedrag«

Ved hjerneskader, fx følger efter blodprop, kan det beskadigede associationscenter medføre forkert analyse. De synsindtryk vi modtager, bliver via nervus opticus sendt til gyri occipitales. Dette område er specielt ved at det indeholder en (næsten) direkte repræsentation af det vi ser i synsfeltet. Sker

der en skade i det område, bliver vi blinde på lige netop dette sted i synsfeltet. Med andre ord opstår et »hul« i synsfeltet.

Men det specielle ved hjernen er at »hullet« ikke opleves af den skadede person. Hvis en person betragter en tapetseret væg hvorpå der hænger et billede, og billedet er lige netop det sted i synsfeltet som det beskadigede område skulle repræsentere, ser personen ikke billedet. Men han ser heller ikke noget hul. Han ser derimod et uafbrudt stykke tapet. Hjernen har med andre ord »fyldt hullet ud«.

Men det er ikke bare når hjernen er skadet, at den »ser syner«. Hjernen forsøger hele tiden at skabe sammenhæng og mening i det vi ser. Det gør den bl.a. ved at »gætte« sig til hvad der er mest sandsynligt af det som vi ser på (Fig. 2). Vores hjerne er i stand til ud fra nogle ganske få punkter at gætte sig til hvordan resten ser ud. Det vi ser, er groft sagt et resultat af to typer processer. Den ene tjener til at vi kan opfatte den synlige omverden (det er her den trinvis analyse af enkelt-delene foregår). Den anden type fortolker og »gætter på« hvad det er, den første type er i færd med at analysere.

Disse analyseprocesser er hele tiden i gang når vi ser. Vores mulighed for at opfatte et tv-billede eller litografi i en avis ville være umuligt uden. I dagligdagen oplever vi ikke at disse processer kører idet de oftest foregår helt ubevidst. Men stilles vi over for en opgave hvor der ingen fornuftig løsning er, kan vi fornemme denne »prøven sig frem«. Se fx på Fig. 3.

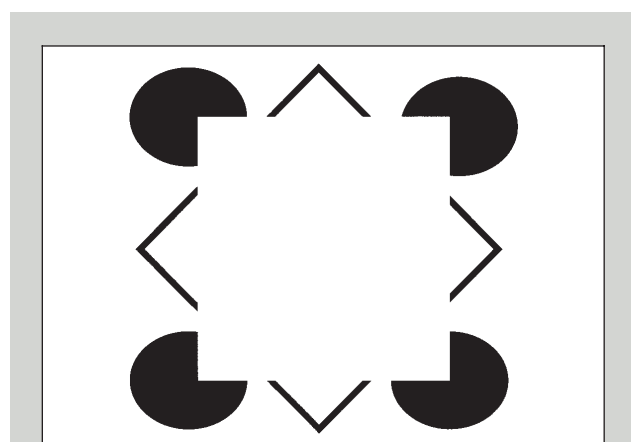


Fig. 2. Langt de fleste ser en firkant som dækker en anden firkant. Men der er faktisk ingen firkant på billedet. De linier vi oplever at se, er noget hjernen har skabt. Hjernen har altså fundet frem til at firkanter må være den mest sandsynlige forklaring på forholdet mellem de forskellige former på billedet.

Fig. 2. Most people see a square covering another square. But there are no squares in the picture. The brain creates the lines of the squares as the most logic result of the different shapes in the picture.

Prøv at være bevidst om hvordan du betragter figuren. Så bliver det pludseligt klart at du prøver dig frem.

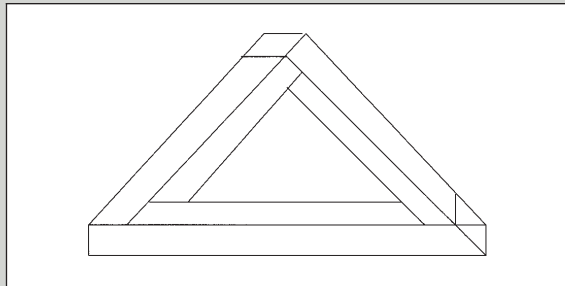


Fig. 3. Umiddelbart ser vi ingen problemer med figuren. Men gransker vi den mere nøje, kan vi se at den ikke kan lade sig gøre – vores hjerne kan ikke få figuren til at give mening.

Fig. 3. There seems to be no immediate problem in understanding the figure. But at closer examination, we are able to detect that it is impossible – our brain cannot give meaning to the figure.

Perceptuel konstans

I denne samordning af de forskellige visuelle sanseindtryk – form, farve, dybde og bevægelse – som er vor oplevelse af den visuelle omverden, er der perceptuel konstans på trods af forskelle i hvordan informationerne rammer retina (26). Et eksempel på formkonstans er at vi ser uret på væggen som rundt, selv om det oftest ses fra en vinkel hvor det aftegner en ellipse på retinabilledet.

En god demonstration af størrelseskonstans opnås ved at se på sine to hænder når den ene holdes ud i strakt arm og den anden kun på den halve afstand. Her synes de lige store. (Prøv det!). Hvis man nu fører den nærmeste hånd ind så den delvis blokerer for den længere væk, ser de pludseligt ud til at være af forskellig størrelse. Hændernes overlapning får konstansfænomenet til at forsvinde og antyder hvordan vores perception ville have været uden konstans.

Lyshed og farver opleves også som konstante på trods af faktiske variationer fra ét øjeblik til det næste. En solsort er sort også i solskin, selvom den reflekterer mere lys end en hvid due i tussmørke. Ved lysheds- og farvekonstans synes mekanismen især at være at oplevelsen af lyshed og farve ikke afhænger af den absolutte mængde af reflekteret lys fra genstanden, men af den andel af refleksionen som kommer fra henholdsvis genstand og baggrund.

Undersøgelser foretaget af den tyske digter og naturforsker *Johan Wolfgang von Goethe* fik ham til i sin tid at konkludere at det ikke er vores sanser der bedrager os. Det er vores domme som bedrager os.

Komplementærfarver

Det var ved studiet af efterbillederne i øjet i »Farvelærens« første del (31,32), og ved studiet af de farvede skygger, der af fysikken ellers afvises som synsbedrag, at *Goethe* nåede frem til sin grundlæggende bestemmelse: komplementærfarverne, der fremtræder som modsatstillede, hinanden betingende størrelser ved opstillingen i hans farvecirkel (Fig. 4).

Forsøgene udgik fra den forudsætning at den gule og den blå farve udgør den grundlæggende polaritet i farvernes verden. Lys danner udgangspunktet for gul og mørke for blå. Betragtes en tand med lyset som baggrund, fremtræder den entydigt gullig. Når vi derimod ser tanden med mørket (mundhulen) som baggrund, fremtræder der blålige nuancer.

Det er det samme fænomen som giver solen farve i solopgangen og -nedgangen. Den hvide sol ser vi som gul og rød når vi kigger på den gennem atmosfærens partikler, der bl.a. består af aske og kulpartikler. Jo tættere dette partikellag, som *Goethe* kaldte »Trübe« (33), er, desto mere rød ser vi solen. De gule farver opstår i samspillet mellem vores syn, »trübet« og solen. Ser vi op på himlen er det egentlig det mørke rum vi kigger ud i. Men vi ser rummet som blå himmel når solens lys falder på »trübe«-laget der ligger foran det. Partiklerne i »trübe«-laget reflekterer lyset; der er altså lys foran mørket. Jo tyndere »trübe«-laget er, desto mere mørkeblå ser vi himlen. De blå farver opstår i samspillet mellem vores syn, det mørke rum og det oplyste »trübe«.

Farverne tilhører synet. Når vi ser på mørket gennem det oplyste »trübe«, ser vi de blå farver. Blåt er oplyst mørke. De blå farver dannes af mørket ved lysets hjælp. Ses den lysende sol gennem »trübet«, ser vi den som gul og rød. Gult og rødt er formørket lys. De gule farver dannes af lyset ved mørkets hjælp. Vi ser altså polariteten lys/mørke forvandlet til farvepolariteten gul/blå. Gul og blå danner dermed grundlag for alle andre farver i farvecirklen (Fig. 4).

Øjets farver er de fysiologiske farver der er farver som øjet og CNS selv frembringer under synsprocessen. Vi ser fx farven magenta, men mens vi ser den magenta farve, udformer vores øje farven grøn, som vi ser som efterbillede og kan undersøge. Betragtes en farveprøve i fem sek., vil et komplementærbillede ligeledes dannes med en varighed af 15-20 sek. (6).

I den klassiske fysik kan farver altså måles, men farver har andre kvaliteter og egenskaber som ikke kan måles, men som vi umiddelbart kan sanse. Bliver vi udsat for en ydre, ensidig farvepåvirkning, skaber vi balance og harmoni ved at danne en »indre« komplementærfarve. De har ingen bølgelængde og kan ikke måles. Derfor eksisterer de if. et naturvidenskabeligt verdensbillede ikke, men bliver kaldt synsbedrag. Ikke desto mindre ser vi dem.

Fænomenet førte *Goethe* frem til det synspunkt at farverne

tilhører synet og derfor først og fremmest er en sanseoplevelse. Om synet sagde han at det altid vil stræbe efter totalitet og helhed. *Goethe* prioriterede øjet (og CNS) som det mest differentierede og nøjagtige fysiske apparat der findes.

Farver og tandlæger

Der er varierende meninger blandt tandlæger mht. om en farvegivning er tilfredsstillende (12). Også farvevalg medfører forskelligheder mellem tandlæger (6). I undersøgelser opgives op til 86% uenighed om farvevalg (34,35). Nogle tandlæger vil hævde at farvevalg er et spørgsmål om erfaring, men da den menneskelige farveadaptation forringes med årene (6,11,36), kunne dette være en af årsagerne til denne forbedrede opfattelse af farvegivning.

Bedre bliver det ikke hvis den farvevælgende er tandlæge og mand. Medfødt farveblindhed findes i vor del af verden hos 8% mænd og hos 0,4% kvinder (37). Den farveblinde har svært ved at skelne visse farvetoner, fx om en keramik er mere orange end den naturlige tand (38). Farveblindhed forstærkes med alderen. Flere undersøgelser tyder på at farveblindhed er hyppigere blandt tandlæger sammenlignet med baggrundsbefolkningen, nemlig 7,8-14% (38-42). Blandt 283 danske tandlæger fandtes 21,3% farvesvage/-blinde mænd og 3,4% farvesvage kvinder, og yderligere komplet farveblindhed hos 14% mænd (ingen kvinder) (38). De mange

faktorer der spiller ind ved den menneskelige farveopfattelse, alder, køn, opmærksomhed, erindring, eventuelle anomalier, adaptationstilstand mv., vanskeliggør en standardisering af observationsteknikken. Derfor ville en standardisering vha. apparatur i teorien være en fordel.

Videnskabelig farveregistrering

I *Goethes* videnskabelige metode beskrives farverne altså som hvordan vi ser dem. Derfor fastholder han at vi selv er en del af undersøgelserne (31-33). *Leonardo da Vinci* (43) og *Newton* (44) teoretiserede med *camera obscura* over en isoleret lysstråle. Men en sådan findes ikke i den synlige virkelighed. *Newton* ledte efter farvernes atomer. Han definerede sin farvetæori ud fra en objektiv målestok, ligesom videnskaben i dag stræber efter objektivitet og definerer farverne ved forskellige bølglængder.

Den videnskabelige farvelære koncentrerer sig om inddeling af farverne i et matematisk beregnet farvesystem (11,45-48). Den målbare information fra moderne spektrofotometrisk farvemålingsudstyr udtrykt i et sådant system er gennem flere år blevet gennemprøvet og anses i litteraturen for den mest præcise metode til laboratoriemålinger (11,45-51), men den er til dentalt brug i klinikken blevet observeret behæftet med mange fejl (11,14,21,45,52).

Denne trang til at måle farven af en tand vha. apparatur og

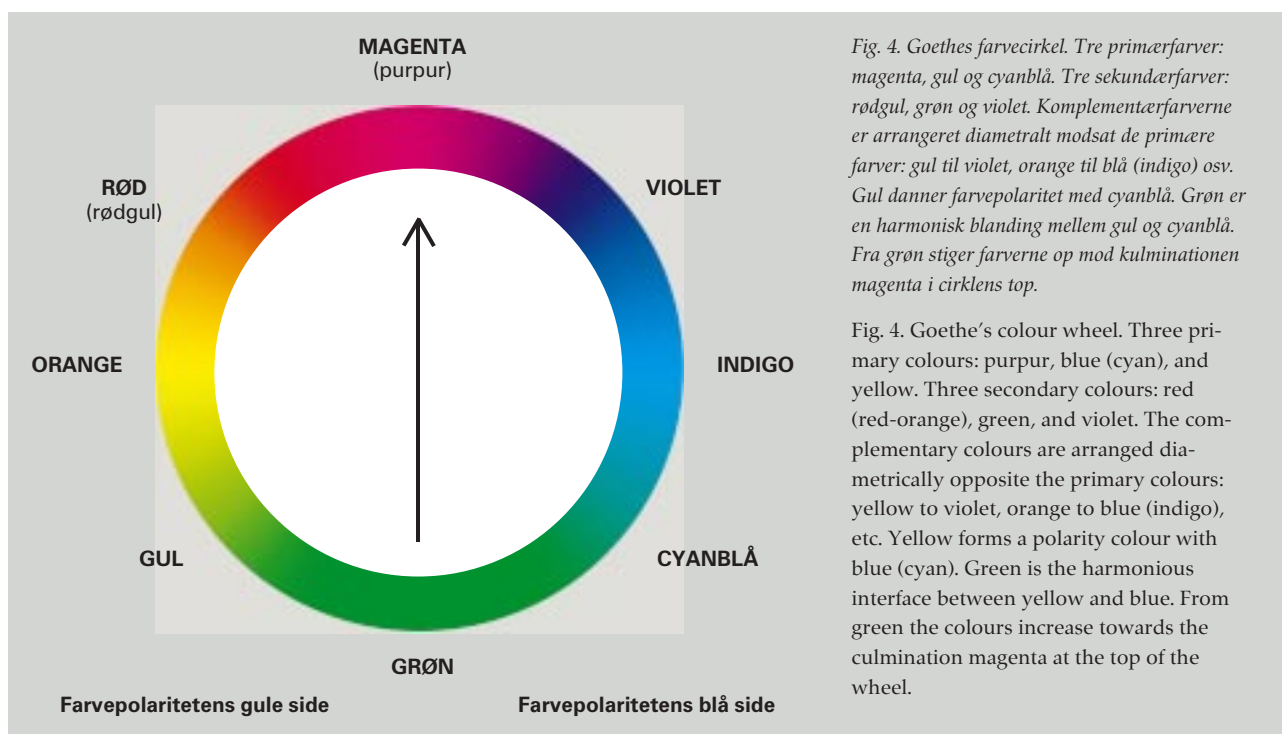


Fig. 4. *Goethes farvecirkel*. Tre primærfarver: magenta, gul og cyanblå. Tre sekundærfarver: rødgul, grøn og violet. Komplementærfarverne er arrangeret diametralt modsat de primære farver: gul til violet, orange til blå (indigo) osv. Gul danner farvepolaritet med cyanblå. Grøn er en harmonisk blanding mellem gul og cyanblå. Fra grøn stiger farverne op mod kulminationen magenta i cirkelns top.

Fig. 4. *Goethe's colour wheel*. Three primary colours: purpur, blue (cyan), and yellow. Three secondary colours: red (red-orange), green, and violet. The complementary colours are arranged diametrically opposite the primary colours: yellow to violet, orange to blue (indigo), etc. Yellow forms a polarity colour with blue (cyan). Green is the harmonious interface between yellow and blue. From green the colours increase towards the culmination magenta at the top of the wheel.



Fig. 5. Munsell systemets tredimensionale farveopbygning.

Fig. 5. The three-dimensional colour administration of the Munsell-system.

få en værdi medfører flere fejl end fordele, hvilket skal forklares i det følgende. Apparatet markedsføres dog stadig til farvemåling i klinikken (12,13,23,24,53).

Farvesystemer

Der er til industrielt brug udviklet farvesystemer hvis formål er at forenkle og dække hele den for det menneskelige øje synlige farveskala, hvorved differencerne, især i det odontologisk aktuelle hvid-gullige område (54), nævnes som for store og det menneskelige øje underlegent (9,11,14,45,46). Man søger at overskue farverne i et tredimensionalt system (46). De tre koordinater i et sådant system er: 1) *hue* (kulør/farvetone), 2) *value* (lyshed/valør), 3) *chroma* (mætning/tæthed).

Hue (kuløren), fx rød, grøn og blå, bestemmes ud fra strålingens relative fordeling i spektret, mens *chroma* (mætningen) er et udtryk for hvor meget én bølglængde reflekteres, henholdsvis transmitteres, og udtrykker afstanden fra den vertikale akse. Fx bevarer en whisky sin *hue*, men får en lavere *chroma*, hvis den fortyndes med vand, (Jørgen Buchgreitz (personlig meddelelse 1999)).

Value (lysheden) udgør den vertikale akse i farvesystemet med hvid som den højeste værdi og sort som laveste.

Det mest anvendte tredimensionale farvesystem er Munsellsystemet, hvorpå det af Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) standardiserede CIE L*a*b* farvesystem er baseret (51,55) (Fig. 5 og 6).

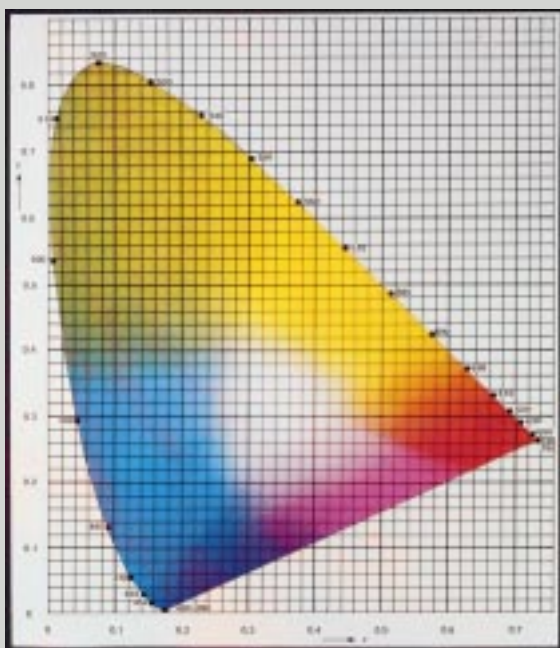


Fig. 6. CIE L*a*b* XYZ farvesystem.

Fig. 6. CIE L*a*b* XYZ colour system.

Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala

Denne farveskala svarer vha. keramikfarveprøver til fabrikantens keramik. Vitapan classical Lumin-Vacuum blev introduceret i 1953 og senest revideret i 1979 (14). Der blev altså



Fig. 7. Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala.

Fig. 7. Vitapan classical Lumin-Vacuum shade guide.

valgt en primitiv model (Fig. 7) hvor man udgik fra farvenuancerne, uden at søge at overskue disses indbyrdes forhold:

A: rød-brun, B: rød-gul, C: grå og D: rød-grå, og *value* (lysheden) vælges herefter med 1-4 variationer.

Der vælges ved Vitapan classical Lumin-Vacuum altså først farvenuance. Denne er en sammensat farve og dermed meget aflæsningsfølsom for variationer i lys og hos receptor, hvorefter *value* (lysheden) bedømmes. Farveskalaer dækker kun få naturlige tandfarver (Fig. 1). I 1953 havde man heller ikke de muligheder i farvegengivelse med keramik som man har i dag. Konservatisme og den nemme anvendelse af Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala har bibeholdt dens position. Udtryk på en arbejdseddell til et laboratorium som »lidt mere grå end A 3,5« har derfor hyppigt frustreret tandteknikere.

Vitapan 3-D Master

Vitapan 3-D Master farveskala (VITA Zahn Fabrik, Tyskland) har enkelte overlapninger med Vitapan classical Lumin-Vacuum, men Vitapan 3-D Master udbygger systematisk sit dækningsområde, hvorved sandsynligheden for at være repræsentativ for en given tandfarve bliver større. Farveprøverne er konstrueret med lige stor afstand prøverne imellem efter det tredimensionale farveunivers, hvorved muligheder for overlapninger og tvivl reduceres (Fig. 8). Samtidig søges med få farveprøver et større og mere repræsentativt farveområde dækket. Der er fem forskellige *value*-grupper (1-5). I ydergrupperne (1 og 5) er kun 2-3 variationer mulige, idet naturlige tænder sjældent vælges herfra (25). Mere centrale *value*-grupper (2,3 og 4) har hver syv variationsmuligheder, idet tidligere farvestudier af tænder har vist den højeste frekvens af farver af naturlige tænder hér (14,25).

Man har altså valgt at kortlægge de naturlige tænders farveområde vha. et farvesystem (CIEL*a*b*) og lægge farveprøverne derefter og med individuel lige stor afstand, hvorefter selve farvevalget foretages vha. operatørens øje.

Fremgangsmåde ved Vitapan 3-D Master:

1. Omgivelserne skal være neutrale, helst grå. (Kommentar: Patienten skal ikke bære stærke farver, fx læbestift).
2. Lyset skal være neutralt – helst dagslys.
3. Da øjet bliver trætt, skal der arbejdes hurtigt – helst < fem sek. per observation (42).

(Kommentar: Jo længere observationstid, des mindre evne har øjet til at diskriminere. Tappene i retina vil sensitiveres til at danne komplementærfarver til den observerede farve (6,36,42). Hvis du skal bruge mere tid, skal du lade øjet hvile; gerne på noget blåt eller violet). Øjet opfatter nemmest ændringer i *value* (lyshed), hvorfor selve prøvetagningen indledes med dette:

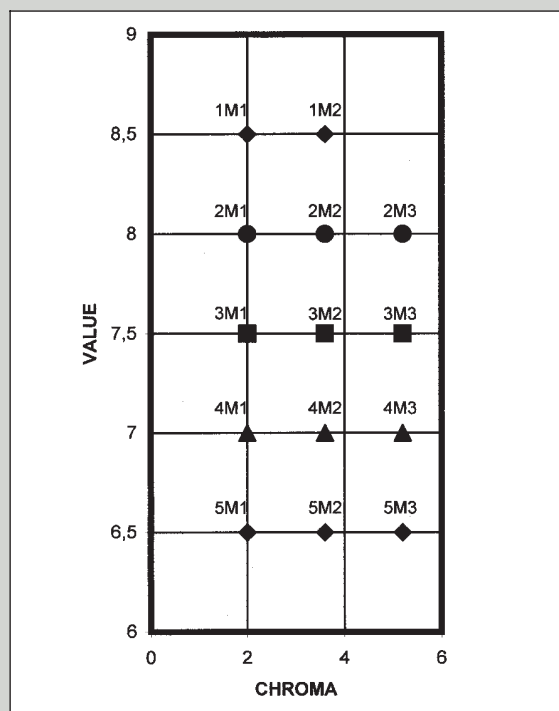


Fig. 8. Vitapan 3-D Master farveskala illustreret ved anvendelse af Munsell farvesystemets *value/chroma*. Der ses et stort dækningsområde af Vitapan 3-D Master og ingen overlapninger mellem de enkelte farveprøver med dette system. Tværtimod er der lige stor indbyrdes afstand mellem hver enkelt Vitapan 3-D Master farveprøve.

Fig. 8. Vitapan 3-D Master shade guide illustrated by using the Munsell colour system on *value/chroma*. Vitapan 3-D Master contains a large range of colour. No overlaps occur between the individual probes of Vitapan 3-D Master. On the contrary, equal distances are obtained between the Vitapan 3-D Master probes.

4. *Value* (lyshed). Vælg den af de øverste farveprøvetænder i M-grupperne, der kommer tættest. M-grupperne falder i *value* (lyshed) fra 1 til 5.

(Kommentar: Da der sjældent vælges farver fra M-grupperne 1 og 5, kan Vitapan 3-D Master simplificeres ved indledningsvis at have reduceret prøverne til M-2 – M4 ved fjernelse af grupperne 1M og 5M (Fig. 9)).

Det rigtige farvevalg kan nu allerede være en realitet, men er der tale om en farvevariant, kan der søges videre i heksagonet:

5. *Chroma*. Tag derefter hele M-gruppen ud og find den af de tre farveprøvetænder der kommer nærmest mht. *chroma* (farvemætning). Her vælges nedad med tre givne valgmuligheder: M-1, M-2 og M-3.

(Kommentar: Da der sjældent vælges farver fra M-grupperne 2M-1, 3M-1 og 4M-1, kan Vitapan 3-D Master simplificeres ved indledningsvis også at have fjernet 2M-1, 3M-1 og 4M-1 (Fig. 10)).

6. *Hue*. Bestem til sidst om farven skal være lidt mere gul (L) eller rød (R). I L- og R-prøverne kan igen skelnes *chroma* mellem to muligheder: 1,5 og 2,5.
7. Herefter er farveprøven foretaget i et heksagonalt univers (Fig. 11). Hvis man føler at farvevalget ligger inden for heksagonets seks yderpunkter, men ikke er analogt med en af farveprøvetændernes syv muligheder, har man mulighed for at sætte sin vurdering med et kryds i



Fig. 9. Vitapan 3-D Master. Farverne i 1M og 5M bliver sjældent valgt, hvorfor de som standard indledningsvis kan fravælges.

Fig. 9. Vitapan 3-D Master. The colours in the 1M and 5M groups are seldom selected, which is why they may be eliminated from the initial standard shade selection procedure.

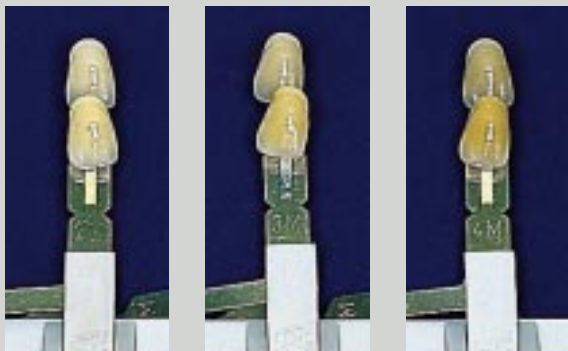


Fig. 10. Vitapan 3-D Master. Farverne 2M-1, 3M-1 og 4M-1 bliver ligeledes sjældent valgt, hvorfor de også som standard indledningsvis kan fravælges.

Fig. 10. Vitapan 3-D Master. The colours 2M-1, 3M-1, and 4M-1 are likewise seldom selected, which is why they, too, may be eliminated from the initial standard shade selection procedure.

heksagonet på arbejdsedlen. Dette kryds er umiddelbart til at oversætte for tandteknikeren, der ikke skal sidde og gruble over oversættelsen af »lidt mere brunt«.

Sammenligning Vitapan classical med 3-D Master

Ved at reducere Vitapan 3-D Masters farveprøvetænder fra 26 til 18 får man stadig et repræsentativt udvalg, som tillige har udvidelsesmuligheder. Til sammenligning gives 16 farveprøvetænder med Vitapan classical Lumin-Vacuum med begrænset repræsentation af farver fra de naturlige tænder (14) og vanskelige udvidelsesmuligheder. For begge systemer gælder at hvis *value* er ramt forkert, er det svært at rette fejlen op. Øjet tolererer dog større variation af *value* end variationer af *chroma* eller *hue*. Derfor vil et vist toleranceområde for variationer i *value*-opfattelse være til stede omkring hvert farveprøvelegeme. Lige stor individuel afstand mellem farveprøvelegemerne er derfor vigtig, hvorfor overlappingerne mellem A,B,C og D grupperne i Vitapan classical Lumin-Vacuum systemet, (Fig. 1), giver muligheder for grove fejlvalg. Hvis man med Vitapan classical Lumin-Vacuum som start fx har valgt D2, men ønsker at gøre farven en tone mørkere, kunne D3 være et fejlvalg. Den rigtige startfarve kunne nemt være C2, der ligger tæt på D2 (Fig. 1), hvor en farvetone mørkere hedder C3, der ligger meget fjernt fra D3. Disse overlappinger kan altså medføre forkert startvalg af farvetone, hvorefter ønske om ændringer i *value* (lyshed) forværrer fejlvalget.

I Vitapan 3-D Master systemet er afstanden mellem farveprøvelegemerne så tilpas stor at selv individuelle variationer i opfattelsen af *value* ikke medfører overlappingsmuligheder.

Begge VITA-systemer leveres med keramikfarveprøver

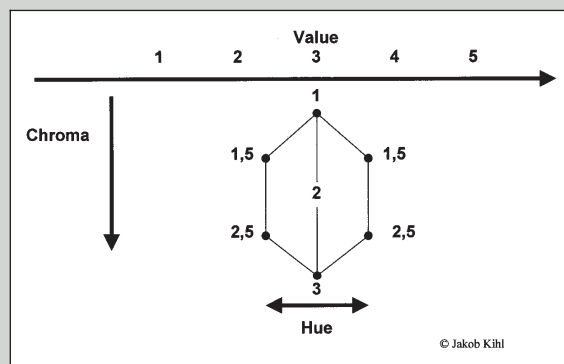


Fig. 11. Det tredimensionale farveunivers ved Vitapan 3-D Master.

Fig. 11. The three-dimensional colour univers of Vitapan 3-D Master.

analoge til VITA Zahn Fabriks keramik (25), hvorved muligheder for *metamerisme* minimeres (11). Sammensætningen af pigmenter forbeholdes som en fabriks hemmelighed (*Markus Vollmann*, VITA Zahn Fabrik (personlig meddelelse 1999)). De forskellige pigmenter, der alle er metaloxider, optræder i flere af farveprøverne, men med forskellig koncentration (0,5-1,5 vægtprocent).

Vintage Halo Computer Color Search System

Vintage Halo Computer Color Search System og Vintage Halo Porcelain System (CCS og VHPS System, Shofu, Japan) er udviklet af den kendte japanske dentalkeramik *Makoto Yamamoto* (Yamamoto Ceramist Inc., Japan) (12,13,53). Keramiksystemet baseres på konkurrenten VITA's Vitapan classical Lumin-Vacuum farveskala, hvor C- og D-farverne stort set er uændrede. Specielt A og B er udvidet med VA (højere *value*) og VB (højere *value*) og A5, B5 (lav *value*). Dertil kommer nye farvetyper, bl.a. R-farven for at dække andre mulige tandfarver. Til brug for sammenligning mellem naturlige tænder, farveprøver og keramik har *Yamamoto* anvendt et M-1863d kolorimeter med brug af CIE L*a*b* farvesystemet (12,13,53).

Kolorimetri

Tristimulus-kolorimetre anvender CIE L*a*b* farvesystem (55). Målingerne er hurtige og billige, idet der kun farvemåles i alt tre gange gennem henholdsvis et rødt, blåt og grønt filter, hvorved en kurve over det synlige farvespektrum kan registreres, fremfor at måle bølgelængde for bølgelængde gennem hele spektret (11,45,56,57). Ved matematiske mellemregninger kan målingerne herefter udtrykkes tredimensionalt. M-1863d-kolorimeter er dels anvendt til at kortlægge de ønskede farvegrupper, dels anbefales det anvendt i klinikken ved farveprøvning (Shade Eye System, Shofu, Japan) (12).

Disse tristimulus-kolorimetre konkluderedes tidligere i litteraturen som uegnede til farvemåling i det odontologisk aktuelle farveområde (11), idet systemet ikke tog hensyn til forskellene mellem de matematisk beregnede og de for det menneskelige øje synlige farveforskelle (11). CIE L*a*b* XYZ nævnes som uegnet til at skelne farveforskelle der er synlige for det menneskelige øje i det gule område (46).

Yderligere vil alene problematikken med at farven af keramik ændrer sig ved ændret lagtykkelse, vanskeliggøre applikation af et sådant udstyr til klinisk brug (11) (Fig. 12).

Farvemålinger er også afhængige af overfladens beskaffenhed, hvorfor der kan ske måleændringer alt efter om overfladen er mat eller glat (11,21).

Transportabelt farvemålingsudstyr med en optisk måleindgang på 5 mm og derunder ville praktisk kunne anvendes til farvemåling af tænder i klinikken. Strålerne kan ved farvemå-

linger af delvis transparente tænder eller restaureringer undslippe det optiske system, og der kræves derfor større optisk måleindgang end ved tilsvarende undersøgelser af homogene, opake materialer, hvor der forekommer en næsten total, og dermed repræsentativ, tilbagestråling fra et lille område (45). Større optiske måleindgange ville altså være betydeligt mere præcise, men er for store til anbringelse på tænder. Det er blevet konkluderet at anvendelse af farvemålingsudstyr med optisk måleindgang <5 mm anses for vanskeligt anvendeligt til farvemålinger af naturligt tandvæv *in vivo* (9,11,21,45,52,54) eller af objekter der afviger fra en homogen, opak struktur (45-49), og at målingerne fra et sådant udstyr var det menneskelige øje underlegent (58).

Yderligere behøves en standardiseret referencebaggrund, hvilket er vanskeligt ved farvemålinger af kroner eller tænder i mundhulen (59).

Måleinstrumentets optik skal for at undgå projektion fra det omgivende medium være i umiddelbar kontakt med objektet inden for hele måleområdet, hvorved kun plane overflader kan accepteres (45). Dette kræver en lille optik for måling på de krumme tænder, hvorved apparaturet af ovenstående grunde bliver for upræcist til anvendelse i klinikken.

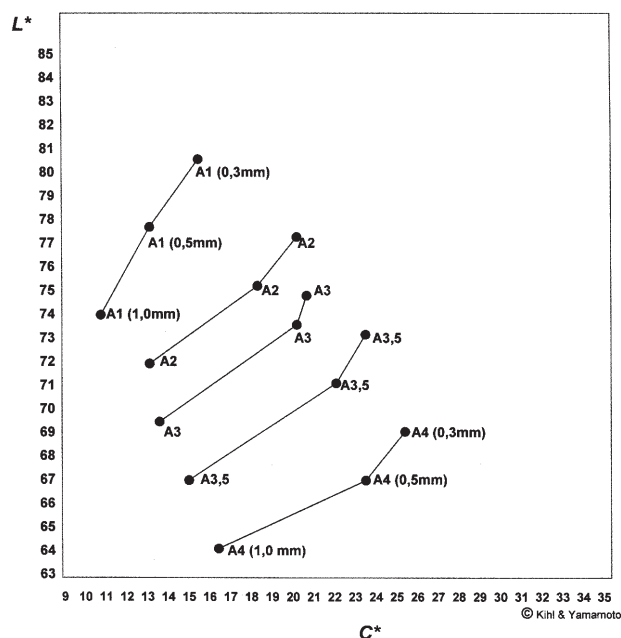


Fig. 12. Effekt af forskellig lagtykkelse af emaljekeramik (0,3, 0,5 og 1,0 mm) men ens farve på farvemålinger i L*-C* planet (modificeret CIE L*a*b*: CIE LCH). (Måleresultater venligst stillet til rådighed af M. Yamamoto (12)).

Fig. 12. Effect of different thicknesses of enamel porcelain (0.3, 0.5, and 1.0 mm), but equal colour code on measurements of colour in L*-C* plane (modified CIE L*a*b*: CIE LCH). (Results for colour measurements by courtesy of M. Yamamoto (12)).

Kombinationer

Kombinationer mellem de forskellige systemer, fx farvevalg med 3-D Master og anvendelse af alternativ keramik er forbundet med vanskeligheder (60-62). Farvekodningen passer specifikt til fabrikantens keramik, desværre.

Vanskeligheden består bl.a. i at farvekoden baseres tredimensionalt. Det er dog muligt at reproducere Vitapan classical Lumin-Vacuum farverne ud fra Vitapan 3-D Master (60), hvis dette skulle være nødvendigt. Vitapan 3-D Master farver kan dog ikke skabes ud fra Vitapan classical Lumin-Vacuum (60).

Farve efter patientens alder

Ved primær inddeling i *value* (lyshed) er det muligt indledningsvis at skelne mellem de forskellige aldersgrupper, idet *value* forandres med alderen (6).

Med udgangspunkt i Vitapan 3-D Master *value*-værdierne er 1M-3M blevet observeret hyppigt forekommende til 18-34-årige, 3M-4M til 35-54-årige og 3M-5M til over 55 år (60), hvilket kan være en værdifuld ledetråd ved genskabelsen af et tandsæt.

Konklusion

Den menneskelige farveperception er kompleks og avanceret. Krav til farvevalg til keramik er derfor høj, og farvevalg kan ikke i tilstrækkelig grad efterprøves ved videnskabeligt baserede spektrofotometriske målinger. Der kan dog søges en systematisk dækning af det aktuelle odontologiske farveområde, men spektrofotometrisk evaluering af disse farveskalaer er vanskelig. Vintage Halo Computer Color Search System/Shade Eye System og Vitapan 3-D Master er systematiserede, reproducérbare farvesystemer hvor farveprøverne må antages at dække det odontologiske farvebehov. Kortlægning af de naturlige tænders farve og keramikfarverne vha. kolorimeter og CIEL*a*b* synes rimelig. Ved direkte anvendelse til farveprøvetagning i klinikken med Vintage Halo Computer Color Search System/Shade Eye System vil de øgede anstrengelser næppe kunne udkonkurrere det menneskelige øjes farvesans. Ved indlæring og individuel forenkling kan Vitapan 3-D Master anvendes i klinikken med få fejlmuligheder. En stor fordel er at hurtigt farvevalg er muligt, hvorved »den menneskelige fejlfaktor« reduceres. Ca. 7% af alle mænd er farveblinde – og alle er måske tandlæger? Lad derfor en ung kvinde foretage farvevalget med Vitapan 3-D Master der er det enkleste af systemerne.

English summary

Previously used and newly introduced dental shade systems evaluated in the light of dental colour knowledge

Today, science is aiming at objectivity and defines colour by wavelength. The problem in evaluating colour in this manner is that the human eye and the neural perception in the brain are able to detect differences not shown by any apparatus. The shade selection seldom matches the visual shade comparison. Human colour perception is highly sophisticated and individually varied. To lead aesthetic restorations to success, it is essential to perform accurate shade taking to find the precise colour harmonious with the patient's teeth, and then convey the choice of shade to a dental technician without problems in reproducibility. The main method for selecting colour of tooth crown is by comparing a shade guide with the natural tooth in the patient's mouth and selecting the most resembling shade using the naked eye. Previously used shade and porcelain systems do not include the entire colour space of natural teeth. Newly developed colour systems, (Vitapan 3-D Master (VITA Zahn Fabrik, Germany) and Vintage Halo Computer Color Search System/Shade Eye System (VHPS System/SES System, Shofu, Japan)), attempt to cover the total colour space of natural teeth. Vitapan 3-D Master evaluated in the light of colour theories seems to be the most rational, when used in the clinical situation.

Litteratur

1. Smith PW, Wilson NHF. Shade selection for single-unit anterior metal ceramic crowns: A 5-year retrospective study of 2,500 cases. *Int J Prosthodont* 1998; 11: 302-6.
2. Davis LG, Ashworth PD, Spriggs LS. Psychological effects of aesthetic dental treatment. *J Dent* 1998; 26: 547-54.
3. Dietschi D, Spreafico R. Adhesive metal-free restorations. Berlin: Quintessence; 1997.
4. Degrange M, Roulet J. Minimally invasive restorations with bonding. Berlin: Quintessence; 1997.
5. Christensen GJ. The use of porcelain-fused-to-metal restorations in current dental practice: A survey. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 1-3.
6. Yamamoto M. Metal-Ceramics. Chicago: Quintessence; 1985.
7. Reuter JE, Brose MO. Failures in full crown retained dental bridges. *Br Dent J* 1984; 157: 61.
8. O'Brien WJ. Ceramics. *Dent Clin North Am* 1985; 29: 619-851.
9. McLean JW. Dental ceramics. Proceedings of the First International Symposium on Ceramics. Chicago: Quintessence; 1983.
10. McLean JW. The science and art of dental ceramics. Chicago: Quintessence; 1980.
11. Kihl J. Farvebegrebet i odontologisk anvendelse. *Tandlægebladet* 1990; 94: 261-9.
12. Yamamoto M. Development of the Vintage Halo Computer Color Search System. *Quintessence Dent Technol* 1998; 21: 9-26.
13. Yamamoto M, Scholten J. Die Entwicklung des Vintage-Halo-CCS-Systems. Computergesteuerte Farbbestimmung und innovative Keramikwerkstoffe. Berlin: Quintessence; 1998.
14. Miller LL. A scientific approach to shade matching. In: Preston JD, editor. Perspectives in dental ceramics. Chicago: Quintessence; 1998. p. 193-208.

15. Shotwell JL, Johnston WM. Color comparisons of denture teeth and their shade guides. *J Dent Res* 1984; 63: 174.
16. Shotwell JL, Johnston WM, Swartz RG. Color comparisons of denture teeth and shade guides. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 31-4.
17. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 35-40.
18. Schwartz R, Duke S, Haney S, Herbold E. An evaluation of a PFM shade guide. *J Dent Res* 1984; 24: 166-73.
19. Craig RG, Ward ML. Restorative dental materials. 13th ed. St. Louis: Mosby; 1999.
20. Toreskog S, Svedmyr Å. A color system the Swedish way. In: Preston JD, editor. *Perspectives in dental ceramics*. Chicago: Quintessence; 1988. p. 219-28.
21. O'Brien J. The color of teeth: An instrumental control perspective. In: Preston JD, editor. *Perspectives in dental ceramics*. Chicago: Quintessence; 1988. p. 299-304.
22. Sorensen JA, Torres TJ. Shade determination and communication. In: Preston JD, editor. *Perspectives in dental ceramics*. Chicago: Quintessence; 1988. p. 279-84.
23. Jinoian J. The importance of proper light sources in metal ceramics. In: Preston JD, editor. *Perspectives in dental ceramics*. Chicago: Quintessence; 1988. p. 229-36.
24. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 464-70.
25. Vollmann M. Grundlagen und Aufbau eines neuen Zahnfarbsystems. *Dental Labor* 1998; 46: 561-2.
26. Gade A. Hjerneprocesser: Kognition og neurovidenskab. København: Frydenlund Grafisk; 1998.
27. Zeki S. A vision of the brain. Oxford: Blackwell; 1993.
28. Zeki S, Watson JD, Lueck CJ, Friston KJ, Kennard C, Frackowiak RS. A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. *J Neurosci* 1991; 11: 641-9.
29. Ffytche DH, Zeki S. Brain activity related to the perception of illusory contours. *Neuro Image* 1996; 3: 104-8.
30. Rolls ET, Treves A. Neural networks and brain function. Oxford: Oxford University Press; 1998.
31. Goethe JW. *Farbenlehre*. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben; 1980.
32. Goethe JW. *Zür Farbenlehre*. 1-2. Band. Tübingen; 1810.
33. Boëtius H, Lauridsen ML, Lefèvre ML, Lyset, mørket og farverne. København: Multivers Aps Forlag; 1998.
34. Nakagawa Y, Maruyama K, Shimofusa I. Analysis of natural tooth color. *Shikai Tenbo* 1975; 46: 527-37.
35. Nakagawa Y, Maruyama K, Shimofusa I. Color analysis of shade guides. *Shikai Tenbo* 1976; 48: 1-9.
36. Reiter B. *Farve og farvemåling*. København: Det kongelige danske kunstakademi's forlag; 1972.
37. Duke-Elder S. *System of ophthalmology*. Vol. VI. London: Kimpton; 1973.
38. Norn M. Farvesans og farveinteresser hos danske tandlæger. *Tandlægebladet* 1994; 98: 471-4.
39. Davidson SP, Myslinski NR. Shade selection by color vision defective dental personal. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 97-101.
40. Wasson W, Schuman N. Color vision and dentistry. *Quintessence Int* 1992; 23: 349-53.
41. Moser JB, Wozniak WT, Naleway CA, Ayer WA. Color vision in dentistry: A survey. *J Am Dent Assoc* 1985; 110: 509-10.
42. Shillingburg HT Jr, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fixed prosthodontics*. 3rd ed. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1997.
43. Gross CG. *Brain, vision, memory*. Cambridge: Bradford Book; 1998.
44. Newton I. *Optice: Sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus & coloribus lucis libri 3* (thesis). London; 1706.
45. Kihl J. Dental keramiks farvæændringer ved brænding. *Tandlægebladet* 1993; 97: 1-4.
46. McLaren K. *The colour science of dyes and pigments*. 2nd ed. Bristol: Adam Hilger; 1986.
47. Clarke FJJ. High accuracy spectrophotometry at the National Physical Laboratory. *J Res NBS* 1972; 76A: 375-403.
48. Pawlik J. *Theorie der Farbe*. 3. Ausg. Köln: M. DuMont Schauberg; 1973.
49. Mielenz KD. Physical parameters in high-accuracy spectrophotometry. *J Res NBS* 1972; 76A: 455-67.
50. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*. 2nd ed. Chicago: Quintessence; 1997.
51. The American Society for Testing and Materials. Instrumental evaluation of color differences of opaque materials. In: *Annual Book of ASTM Standards*; 1985 (06.01:D2244-79).
52. Kurzeja R. Translucency and esthetics. In: Preston JD, editor. *Perspectives in dental ceramics*. Chicago: Quintessence; 1988. p. 267-72.
53. Yamamoto M. Proposition of the new shade taking system and computer color search system using colorimeter and new porcelain. *Quintessence Dent Technol* 1997; 22: 33-62.
54. Macentee M, Lakowski R. Instrumental colour measurement of vital and extracted human teeth. *J Oral Rehabil* 1981; 8: 203-8.
55. Commission Internationale de l'Éclairage. Official recommendations on uniform color spaces, color difference equations, and psychometric color terms. CIE Publication 1971; 15: (E-1.3.1).
56. Heiberg K. *Den europæiske palet*. København: Berg; 1975.
57. Hunter RS. Photoelectric color difference meter. *J Optical Soc Am* 1958; 48: 985-95.
58. O'Brien WJ, Nelson D, Lorey RE. The assessment of chroma sensitivity to porcelain pigments. *J Prosthet Dent* 1983; 49: 63-6.
59. Van der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Plasschaert JM. A new method for matching colors with color standards. *J Dent Res* 1985; 64: 837-41.
60. Vollmann M. *Vitapan 3D-Masters: theory and practice*. Quintessence Dent Technol 1999; 22: 43-53.
61. McLaren EA. The 3D-Master shade-matching system and the skeleton buildup technique: science meets art and intuition. *Quintessence Dent Technol* 1999; 22: 55-68.
62. Miyoshi Y, Sasaki J. Clinical application of the computer color search system and digital recording method of the buildup recipe: use of the »shade eye file« database. *Quintessence Dent Technol* 1999; 22: 69-77.

Forfatter

Jakob Kihl, tandlæge
Privat praksis: Bagsværd Torv 10, 2880 Bagsværd