

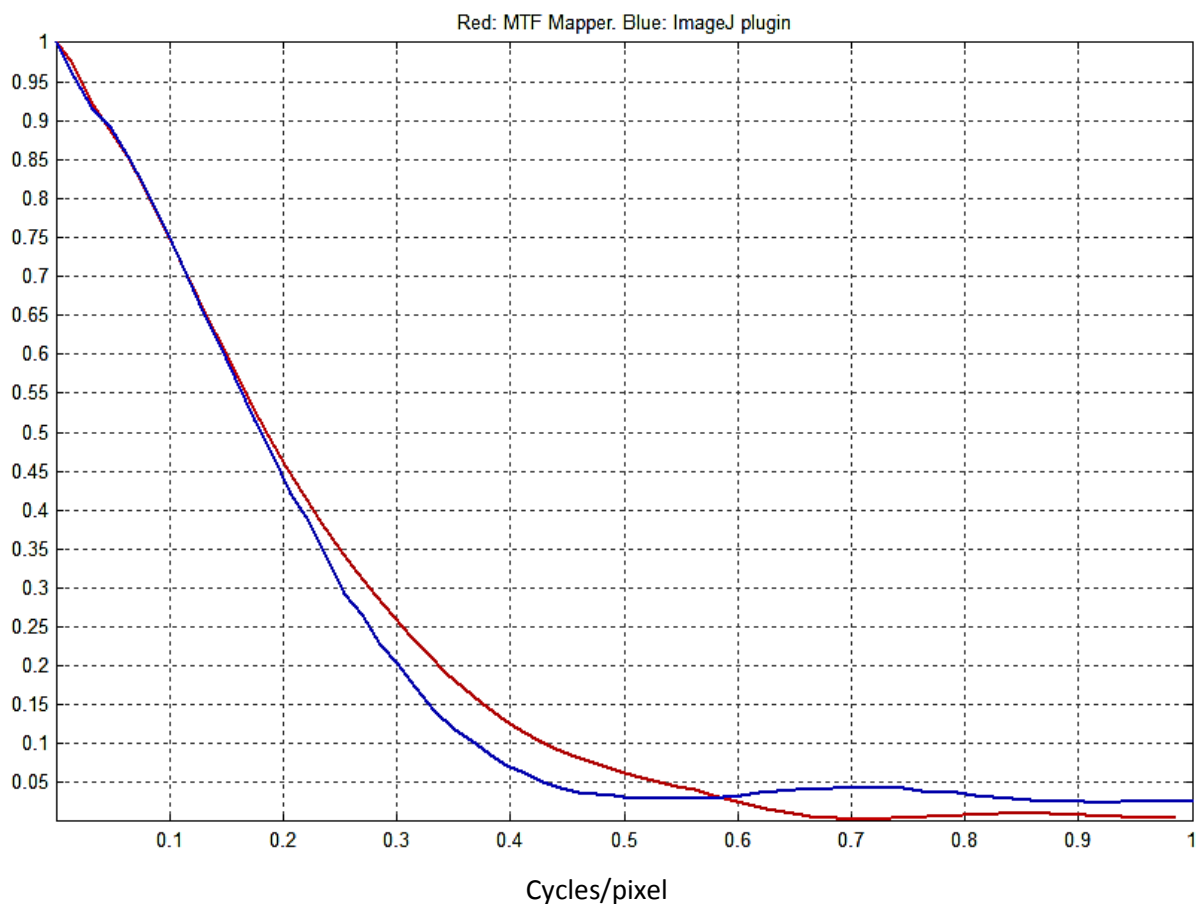
MTF-mätningar i digitalkameror med "freeware" tillgänglig på webben

För mätningar av MTF med slanted edge metoden finns sedan många år tillbaka det kommersiella programmet Imatest (utvecklat av Norman Koren). Programmet är emellertid dyrt, samt innehåller en massa finesser som inte är nödvändiga för en amatör. Det verkar mest inriktat mot företag (produktionstestning etc.).

Det finns emellertid gratisprogram som bygger på samma teknik (slanted edge), varav jag testat två stycken:

- SE_MTF av Carles Mitja et al. är en plug-in till ImageJ.
- MTF Mapper av Frans van den Bergh.

För att jämföra resultaten med de bägge programmen har jag testat att använda samma bild (och samma kant i bilden) för att beräkna MTF med de bägge programmen. Kameran var en SONY A7 med standardzoom ($f = 50$ mm, bländartal 8). Resultatet framgår av bilden nedan.



Frans van den Bergh som utvecklat MTF Mapper säger att hans program innehåller en korrektion som ger mer noggranna värden: *"Below 0.2 cycles/pixel this is not all that important, but as you approach 0.3 cycles/pixel and beyond, the lack of this correction becomes significant."*

Resultaten för de bägge programmen är som synes praktiskt taget lika upp till Ortsfrekvensen 0.2, men sedan blir skillnaden betydande, exakt i enlighet med citatet ovan. MTF Mapper ger trovärdigast

resultat. Jag har vid mätningar med SE_MTF konstaterat att värdena verkar för låga vid låga ortsfrekvenser, och för höga vid höga ortsfrekvenser (även långt över optikens gränsfrekvens).

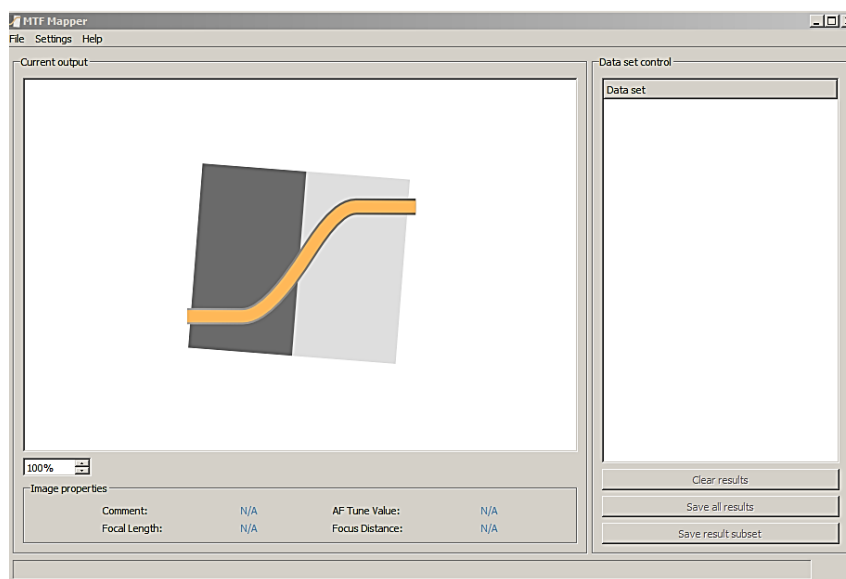
Frans van den Bergh har testat både MTF Mapper och Imatest med ett syntetiskt bildmaterial vars MTF var känt. Resultatet var att MTF Mapper gav minst lika säkra resultat som Imatest. MTF Mapper har gradvis utvecklats som ett gigantiskt hobbyprojekt under många år och uppdateras och utvecklas kontinuerligt. Programmet används nu av ett stort antal personer. Jag beslöt därför att satsa på MTF Mapper. Dokumentationen var tidigare knapphändig, och utgjordes mest av diverse inlägg på blogspots och liknande (jag fick googla mycket). Men i början av 2018 kom en utförlig manual som verkar klart användbar. Den kan laddas ner från:

ftp://centos.mirror.ac.za/sourceforge/m/mtf/mtfmapper/mtf_mapper_user_guide.pdf

Nedan har jag sammanställt (både för egen och ev. andras del) en liten vägledning till programmet, förutom presentation av några resultat.

MTF Mapper: Att komma igång

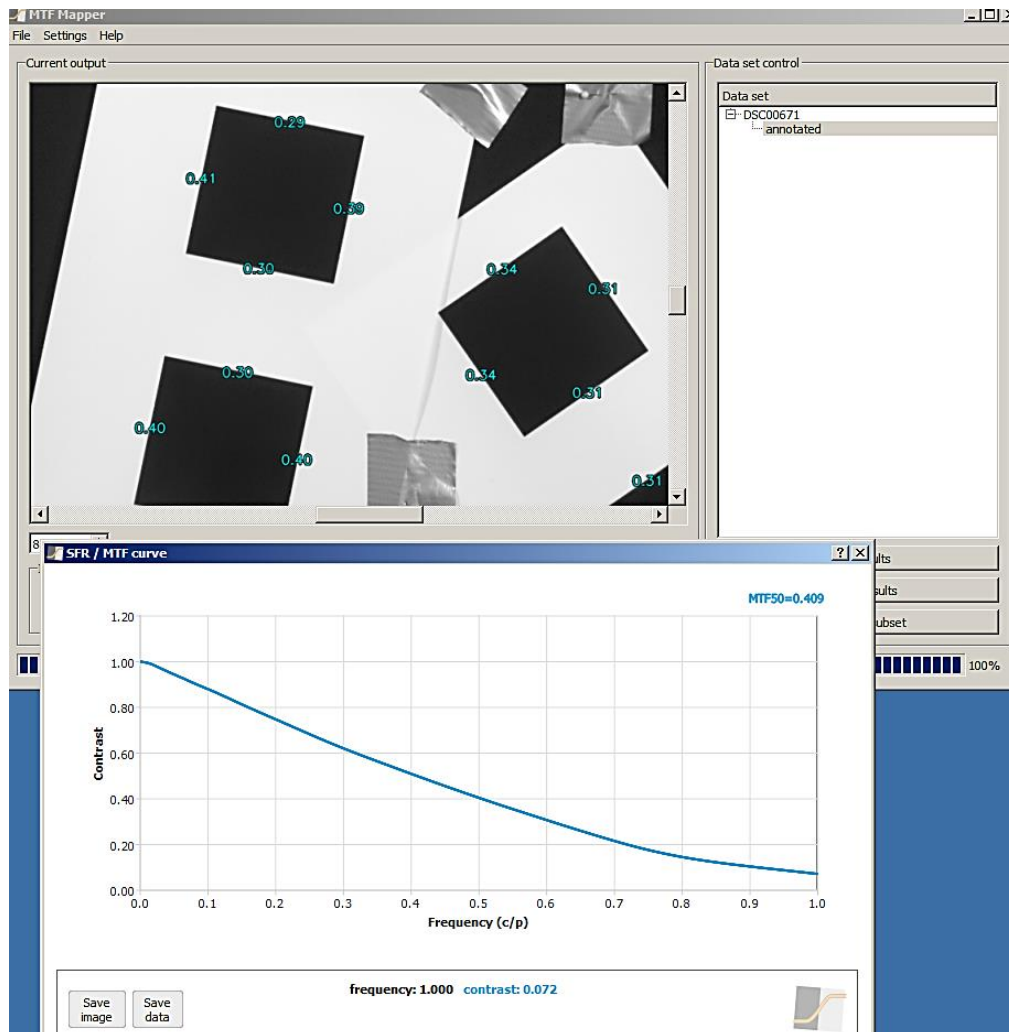
MTF Mapper laddas ner via internet (Googla på "MTF Mapper"). Programmet finns i versioner för Linux och Windows (koden är ursprungligen skriven i C++). Jag har framgångsrikt laddat ner och kört Windows-versionen (64-bitars) både på stationär PC och på laptop. Programmet kan användas både som "command line based" och med ett "graphical user interface", GUI. Jag har uteslutande använt GUI, som numera innehåller det mesta man behöver. GUI startas genom att man klickar på "mtf_mapper_gui.exe". För att göra detta bekvämt har jag lagt upp en genväg på skrivbordet. Man får då upp ett fönster med nedanstående utseende:



MTF Mapper graphical user interface

Bilder kan laddas genom File + Open. Se till att "Annotated image" är iklickat. Det är viktigt att bilderna är i RAW-format för att få meningsfulla resultat (utan artificiell sharpening etc). MTF Mapper använder RAW-konverteraren dcraw, som kan betecknas som standard i branschen och också används av Imatest. När bilden laddats in syns dess namn under "Data set". Klicka på symbolen till vänster om bildnamnet och välj "annotated". Då visas bilden med siffervärden inlagda vid de kanter där MTF beräknats, se figur på nästa sida. Siffervärdena anger ortsfrekvensen (cycles/pixel) då MTF-värdet är

0.50. Höga värden är alltså bra. Genom att klicka på ett siffervärde ritas hela MTF-kurvan upp. Genom att hålla nere shift-tangenten och klicka på flera siffervärden, kan man få upp till tre MTF-kurvor ritade i samma diagram. Men eftersom jag vill ha större flexibilitet i kurvritandet, brukar jag spara data (man får 64 punkter på kurvan) i en fil genom att klicka på knappen "Save data" (se figuren nedan). Data sparas då som två kommaseparerade kolumner i en textfil (frekvens,mtfvärde). Eftersom jag brukar använda plotprogrammet Datascope brukar jag använda ordbehandlare (Word) för att ersätta alla kommatecken med tab, eftersom det är vad Datascope kräver.



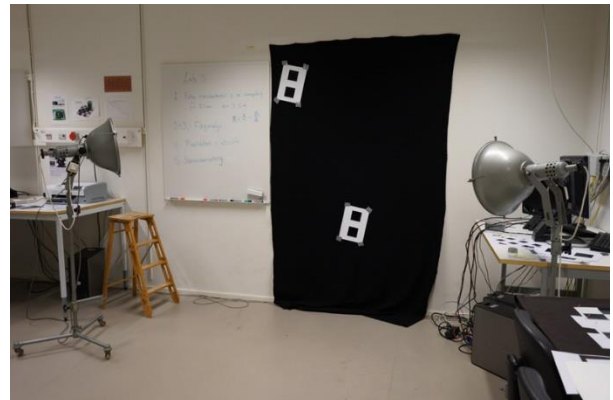
MTF-kurvor kan beräknas för alla kanter som programmet hittar i bilden

Om siffervärdena i bilden inte är blå utan gula eller (ännu värre) röda innebär det att mätningen inte är tillförlitlig. Det kan bero på dålig kant, eller att orienteringen inte är bra (vissa vinklar fungerar sämre). Jag använder aldrig data från gul- eller rödmarkerade kanter. Om kanter som borde fungera bra ändå saknar siffror, kan det bero på att parametern för nödvändig kontrast är satt för högt. Titta under Settings + Preferences. Threshold-värdet är satt ganska högt som default och kan behöva sänkas. Jag har kört med 0.4 som har fungerat bra i de flesta fall. Under Preferences kan man också klicka i "Line pairs/mm units", men det fungerar inte i de utritade MTF-kurvorna som alltid har frekvensen i c/pixel. (Line pairs/mm fungerar i andra program-moder som jag inte går in på här.)

Eftersom man ganska ofta vill ha MTF-kurvor med frekvensaxel graderad i c/mm eller line widths/picture height skrev jag ett litet program som räknar om frekvensvärdena i datafilen till önskad enhet.

Experimentuppställning och fotografering

Jag har gjort fotograferingar med Sony A7 och Sony A7R. Objektiv var "kit-zoomen" FE 28-70 mm F3.5-5.6 OSS (listpris 5000:-) samt Zeiss Sonnar T FE 55 mm F1.8ZA (listpris 9700:-). Zoomen användes vid $f = 50$ mm. Fotograferingen utfördes i en "fotoateljé" med en uppställning som framgår av bilderna nedan. Två 500 W fotolampor med en färgtemperatur på ca. 3000 K användes. Fotograferingsavståndet var 4 meter (mellan 70 och 80 gånger brännvidden). Ursprungligen användes ett avstånd av bara drygt en meter, men det gav dåliga MTF-kurvor; det större avståndet gav betydligt bättre värden, troligtvis på grund av optikens optimering för stora fotograferingsavstånd. Självutlösare med 2 sek. fördröjning användes för att minimera vibrationer. Kamerans autofokus utnyttjades (kontrastmetoden). Steady-shot var avstängt, och på A7 utnyttjades electronic first curtain.



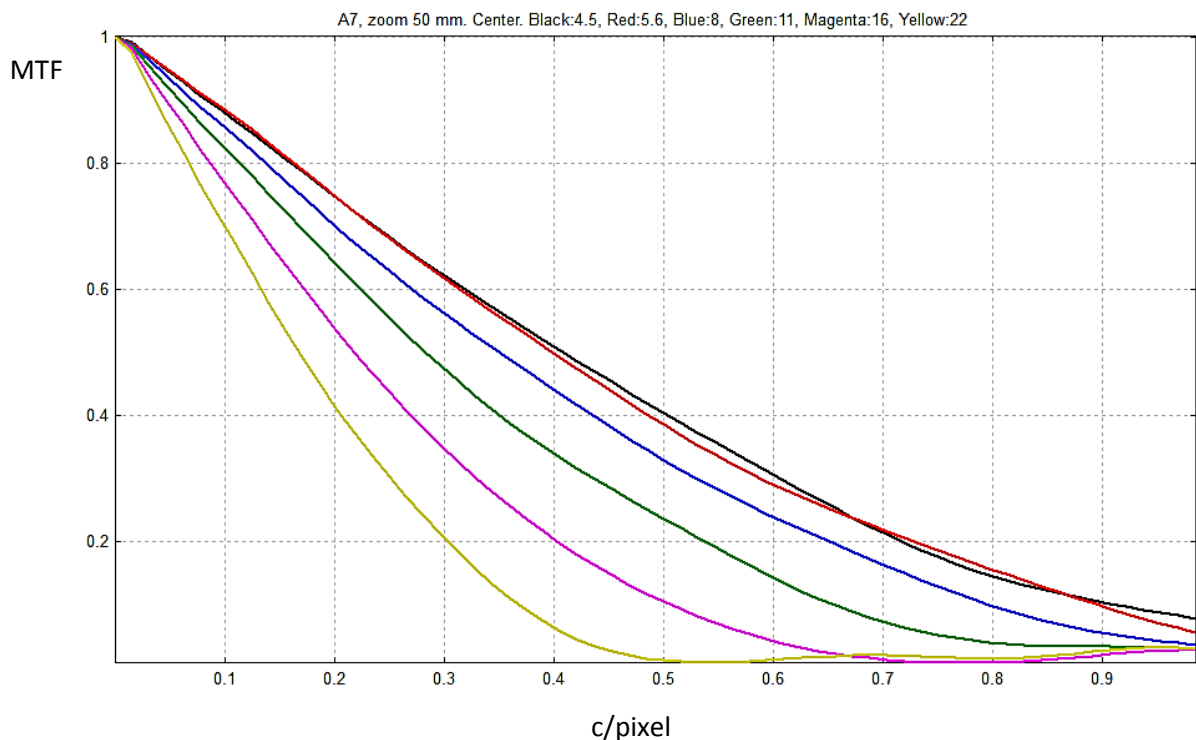
Experimentuppställningen som användes i de aktuella försöken

Jag började med att testa A7-kameran med bägge objektiv (kamera: 3996478, zoom: 0356252). Vid upprepade fotograferingar varierade MTF-värdena oroande mycket. Misstanken riktades då mot fokuseringen. Autofokusrutan var lagd på svarta kvadraterna på vit bakgrund. Ett A4-ark med olika täta linjemönster monterades då på väggen precis bredvid testmönstret med kvadraterna, och rutan för autofokus lades över linjemönstret (flexible spot användes). Då blev reproducerbarheten mycket bättre. Jag testade att mäta på bilder med mörka rutor utskrivna med bläckstråle på fotopapper, med laserskrivare på vanligt kopiepapper, samt rutor som var grå istället för svarta. Resultatet blev mycket likartat i samtliga fall, så det verkar inte så känsligt hur motivet ser ut (som förväntat vid så stort fotograferingsavstånd). Mörka rutorna bör inte vara för små (ger ojämna kurvor). I mina försök var kantlängden på rutorna ca. 200 pixlar.

Resultat: Sony A7

En underlig sak som upptäcktes på samtliga bilder tagna med A7, var att MTF uppmätt på vertikala kanter i motivet alltid var klart bättre än MTF uppmätt på horisontella kanter. Detta gällde oberoende av vilket objektiv som använts, och både i bildkanten och i centrum. Jag gräver inte djupare i detta nu, utan sparar det till senare. Samtliga mätningar som nu presenteras är uppmätta på vertikala kanter i motivet (kameran vreds 90 grader till "portrait-läge" vid fotograferingen).

Kurvskaran nedan gäller för Sony A7 med zoom inställd på 50 mm. Mätningar gjordes från F4.5 (full öppning) till F22 i bildcentrum.

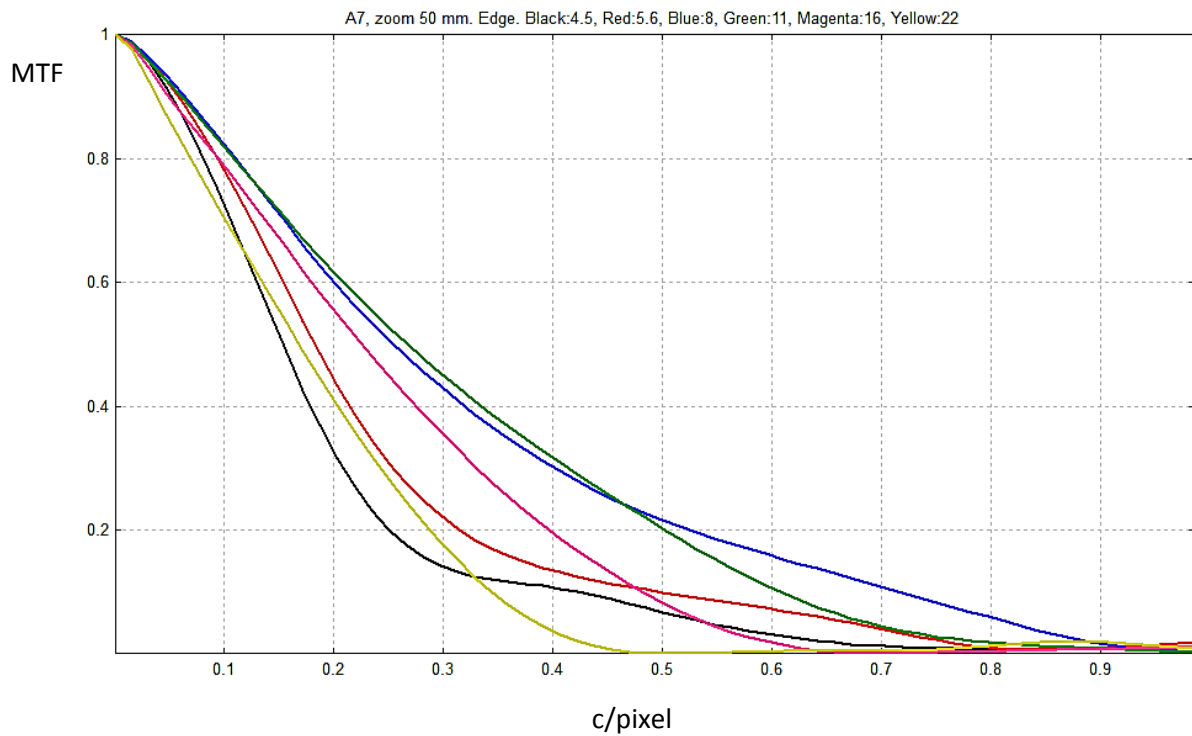


MTF-kurvor i bildcentrum vid olika bländartal för Sony A7. Zoomen var inställd på 50 mm.

Bästa MTF erhålls redan vid full bländaröppning (F4.5), vilket kan tyckas lite förvånande. Men 4.5 är ju en mycket måttlig ljusstyrka, så som fallet oftast är för zoomar. F5.6 ger praktiskt taget samma MTF som F4.5, men vid fortsatt nedbländning blir MTF successivt sämre på ett mycket systematiskt sätt. Men en sak som verkligen kan tyckas förvånande är att MTF kan ligga så högt som 0.4 vid Nyquistgränsen (0.5 c/pixel). Detta innebär stor risk för moiré med hög kontrast. Färgmoiré kan förväntas uppträda redan vid 0.25 c/pixel. Kameran sägs vara utrustad med optiskt lågpassfilter, men det måste i så fall ha en väldigt svag effekt*. Uppenbarligen är detta en kamera som skulle tjäna på att ha fler än de 24 megapixlar som den har.

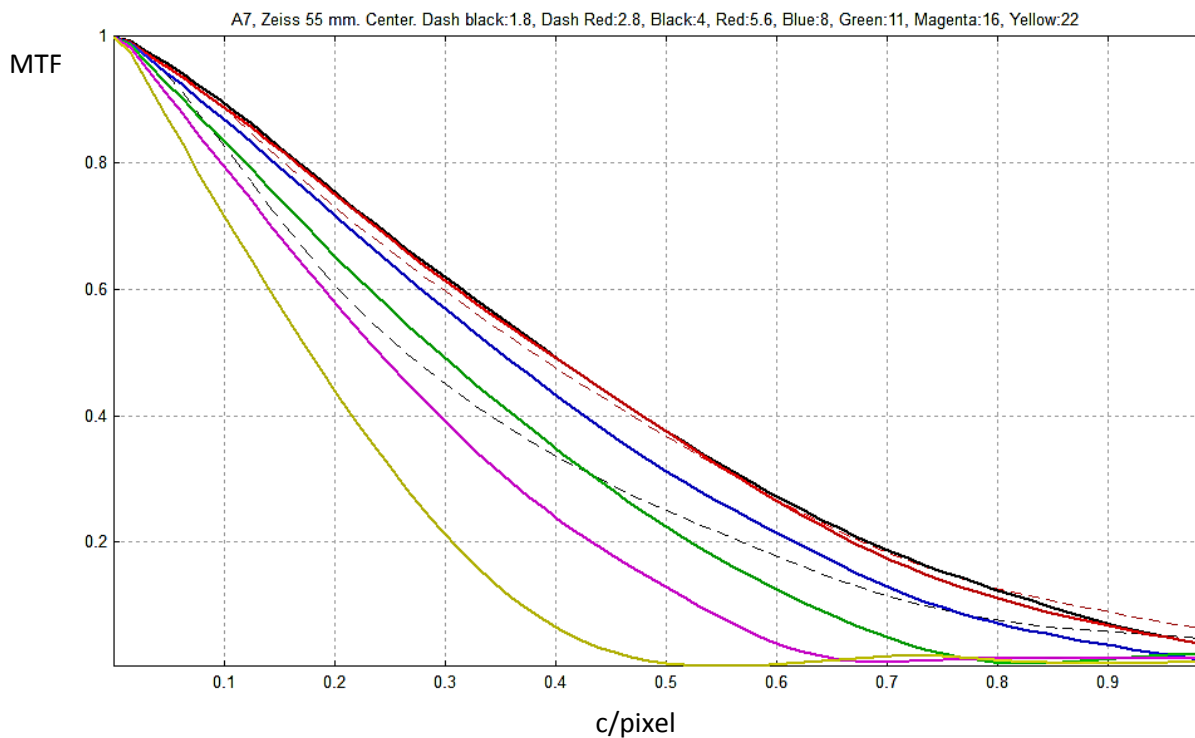
Kurvskaran på nästa sida visar motsvarande mätningar, men i bildkanten (inte i hörnet, men långt ut på långsidan i bildformatet). Nu får man betydligt sämre MTF, speciellt vid stora bländaröppningar. Optimalt bländartal verkar vara runt 8, och då har man ett MTF-värde av 0.2 vid Nyquistgränsen. Moiré-varning även här alltså. Kurvorna för bländartal 11-22 ser väldigt likartade ut i centrum och kanten (särskilt 16 och 22). Uppenbarligen begränsas MTF vid dessa höga bländartal så gott som enbart av diffraktion och sensor.

* Ang. lågpassfilter, se sid. 9.



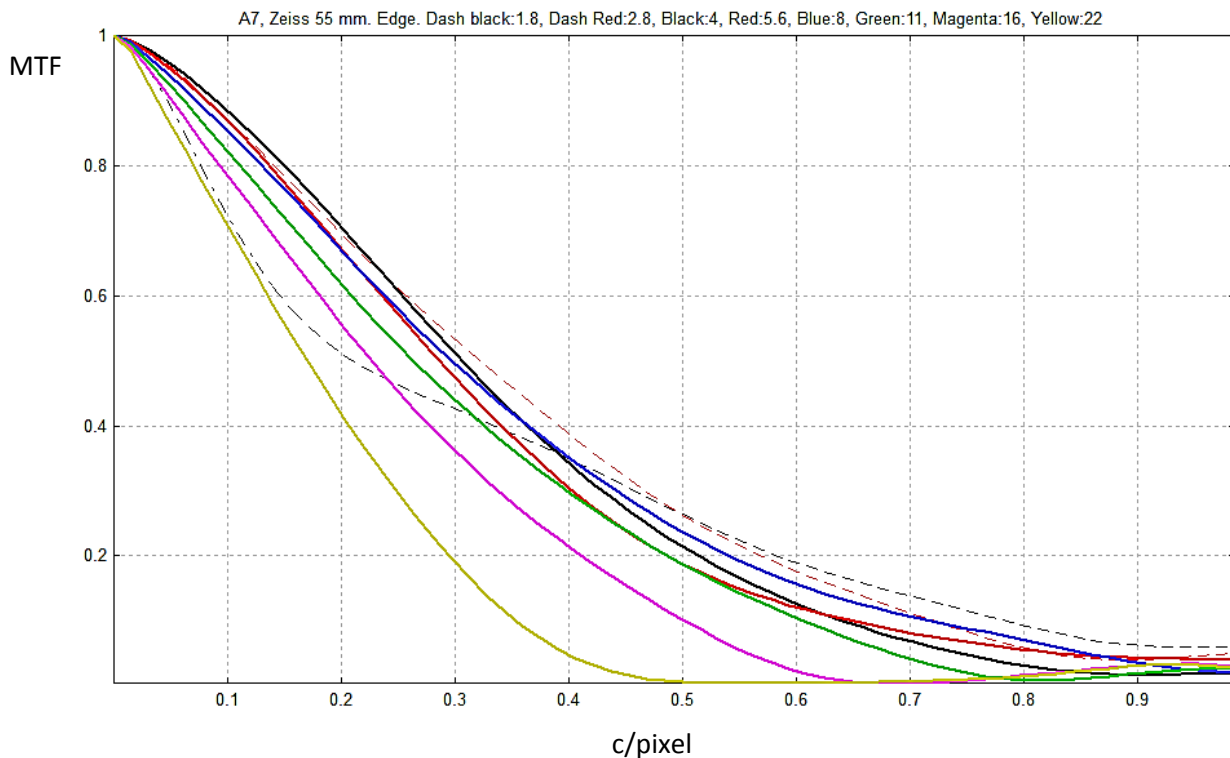
MTF-kurvor för Sony A7 i bildkanten.

Nästa kurvskara visar MTF i bildcentrum för A7 med Zeiss 55 mm objektiv. Optimal MTF erhålls för bländartalen 2.8-5.6 (praktiskt taget identiska kurvor). Intressant att se är att ingen av kurvorna är bättre än MTF för zoomen vid bländartal 4.5-5.6. Fördelen med Zeiss-objektivet är alltså att det har högre ljusstyrka, och att denna kan utnyttjas med bibehållen bildskärpa (utom vid F1.8 där skärpan blir något lidande, lägsta streckade kurvan nedan).



MTF-kurvor i bildcentrum vid olika bländartal för Sony A7 med objektivet Zeiss 55 mm/1.8.

Nästa kurvskara visar MTF i bildkanten för A7 med Zeiss 55 mm. Det är mycket imponerande att man även i kanten uppnår optimal bildskärpa redan vid F2.8. Och även vid full bländaröppning får man en klart acceptabel bildskärpa både i centrum och kanten.

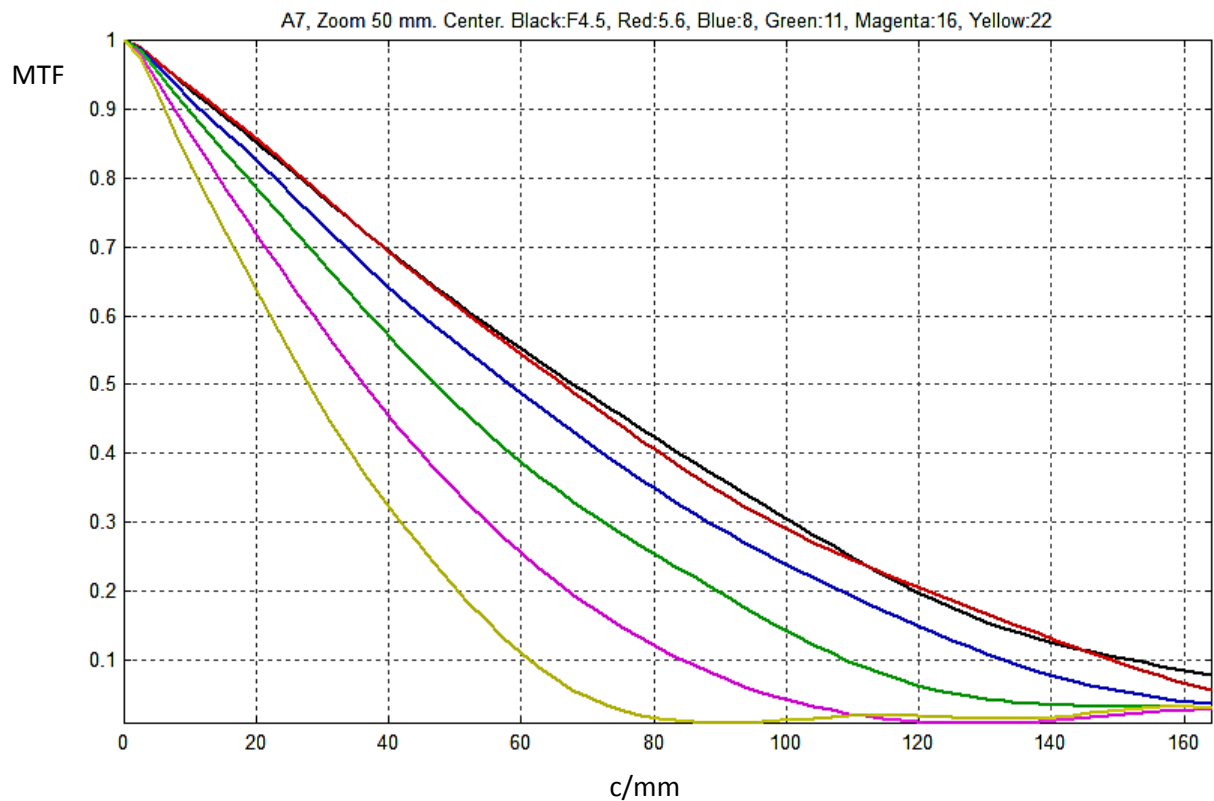


MTF-kurvor i bildkanten vid olika bländartal för Sony A7 med objektivet Zeiss 55 mm/1.8.

Som slutsats kan man säga att Zeiss-objektivet ger en utmärkt bildskärpa både i centrum och kanten redan vid mycket stora bländaröppningar. Man kan dock notera att Zoom-objektivet vid F8 inte ligger långt efter vad Zeissen som bäst kan prestera vad gäller bildskärpa. Fördelen med Zeissen är alltså framförallt att den ger goda prestanda vid stora bländaröppningar, och därför lämpar sig för fotografering under dåliga ljusförhållanden (eller där man önskar kort skärpedjup).

Olika ortsfrekvensskalor

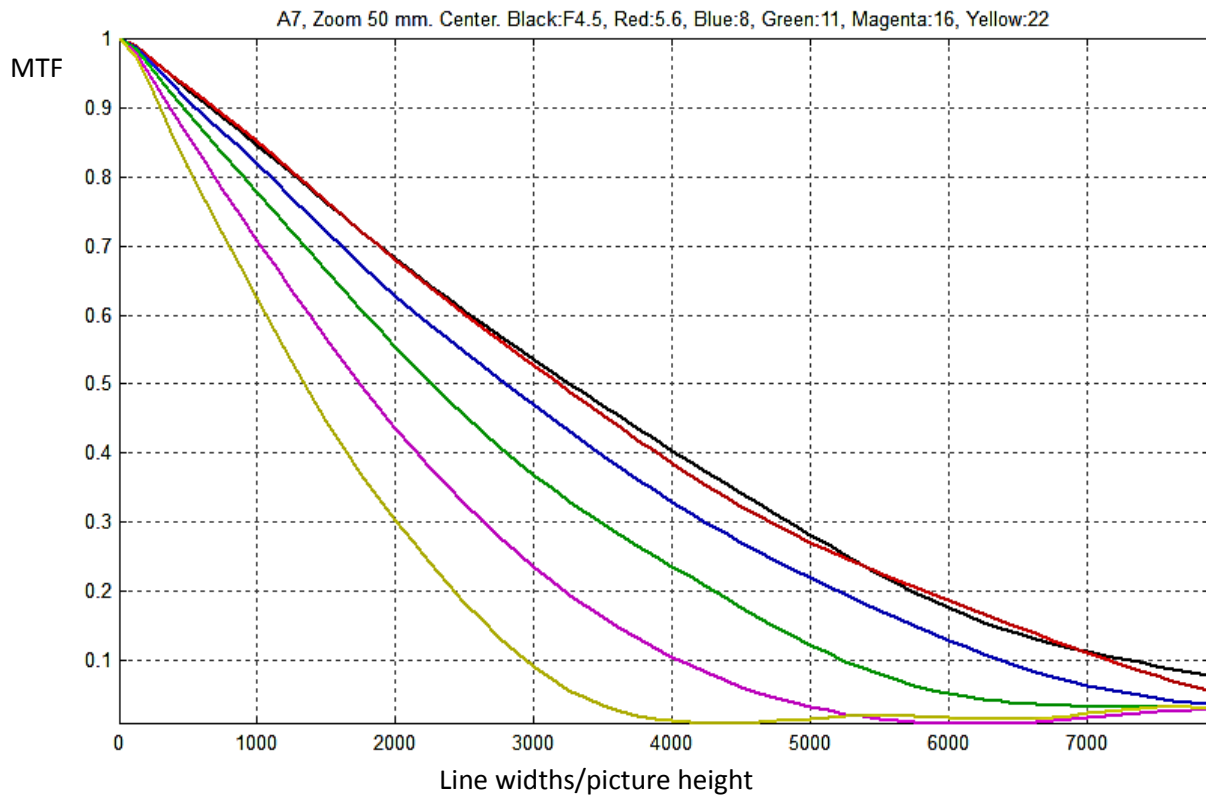
Ortsfrekvensskalan i cycles/pixel som hittills visats i figurerna är informativ vad gäller att bedöma risken för moiré-effekter. Men den är inte så upplysande vad gäller skärpa och detaljrikedom i bilden. Klassiskt har frekvensskalan cycles/mm (linjepar/mm) använts i fotografiska kretsar vid MTF-mätning av objektiv. Då kan man t.ex. lätt bedöma hur nära diffraktionsgränsen som objektivets prestanda ligger. För att bedöma totala prestanda för en digitalkamera är det mest informativa att ange ortsfrekvensen i cycles/picture height (eller line widths per picture height). Som nämnts så skrev jag ett program som omvandlar c/pixel till andra enheter. På nästa sida visas samma kurvor som på sidan 5, men med enheten c/mm på frekvensaxeln.



Samma kurvor som på sidan 5, men med ortsfrekvensaxeln graderad i perioder/mm.

Jämför man ovanstående kurvor med Fig. 17.9 i fotokompndiet, se ref. i slutet, (Leica 50 mm/f:2 objektiv till småbildsfilmkamera), så ser man att A7:ans totala MTF ligger helt i paritet med Leica-objektivets (och i Leica-fallet finns ju inte sensorns, dvs filmens, MTF med). Vi kan därför säga att A7:an med zoom (50 mm brännvidd), och i bildcentrum, ger minst lika bra MTF som en gammaldags spegelreflexkamera för småbilsformat.

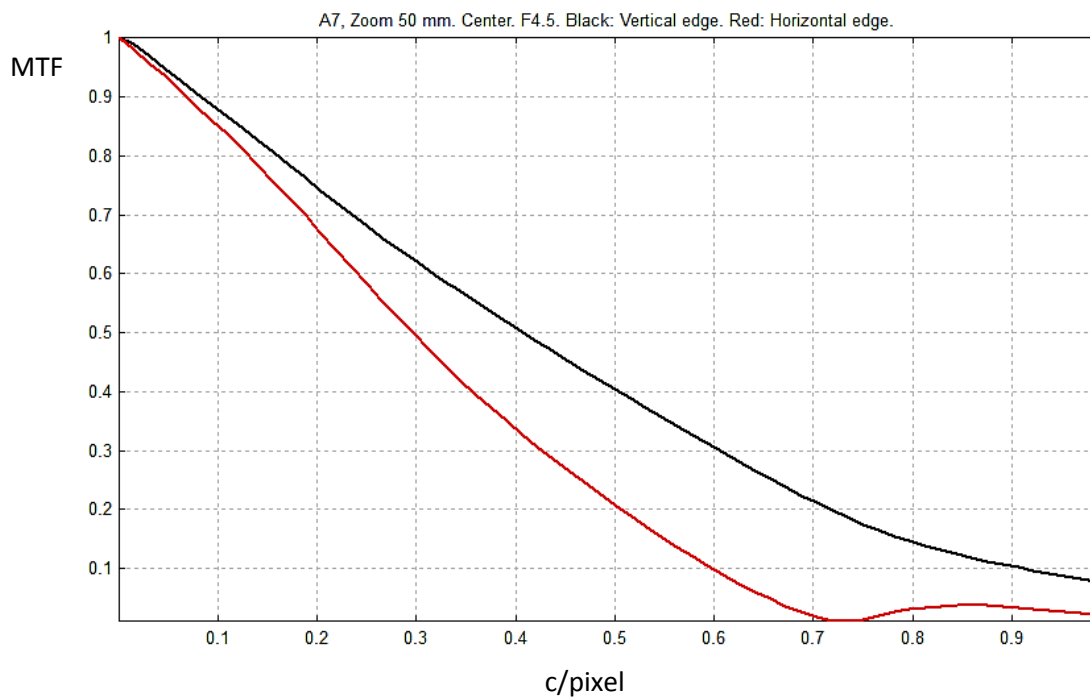
Om man däremot vill jämföra olika digitalkameror med varandra, så är det lämpligare att gradera frekvensaxeln i cycles/picture height eller line widths/picture height. Skillnaden mellan dessa två är att den senare ger precis dubbelt så höga frekvenstal (man räknar i senare fallet svarta och vita linjer separat). Fysikaliskt är den första enheten att föredra, men eftersom man i fotobranschen tenderar att använda den senare så ska jag också göra så. På nästa sida visas samma kurvor som i figuren ovan, men med frekvensskala i line widths/picture height. Fördelen med att rita upp MTF-kurvor med denna frekvensskala, är att man då direkt kan jämföra kameror med olika sensorstorlekar och megapixelantal utan att göra några omräkningar; alla kurvor kan ritas i samma diagram och direkt jämföras med varandra.



Samma kurvor som på sidan 5, men med ortsfrekvensaxeln graderad i line widths/picture height.

Lågpassfiltrets inverkan i Sony A7

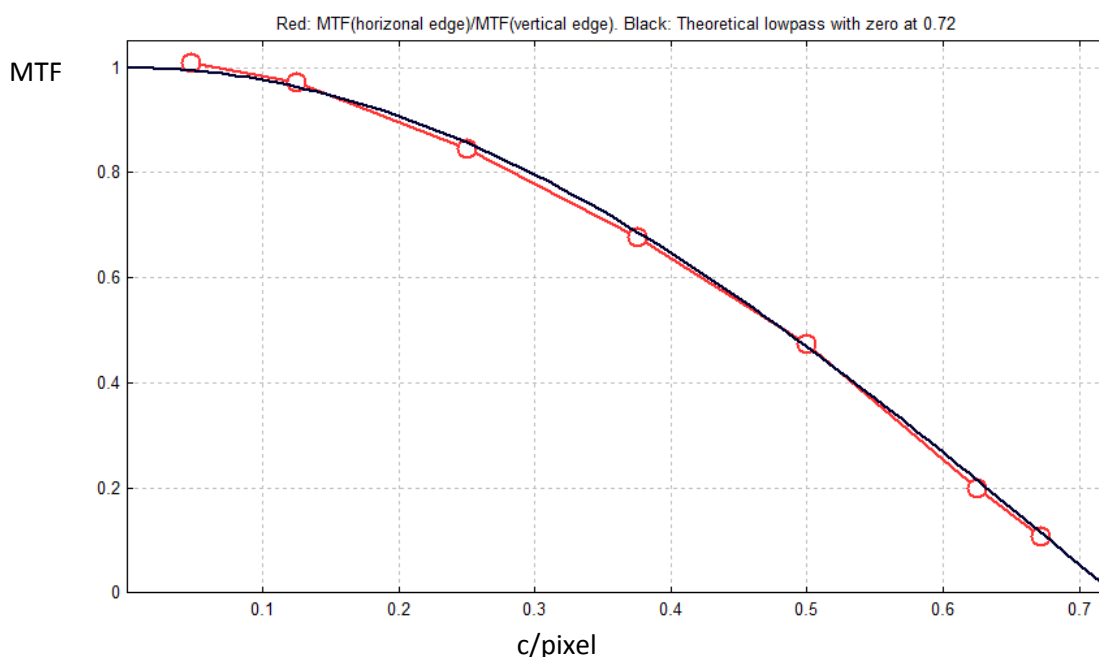
Som nämndes på sidan 4 fick jag olika MTF även i bildcentrum för vertikala och horisontella kanter. Ett exempel på denna skillnad visas i nedanstående figur (kameran var i portrait-läge).



Figuren visar hur kantens orientering (horisontell/vertikal) inverkar på MTF.

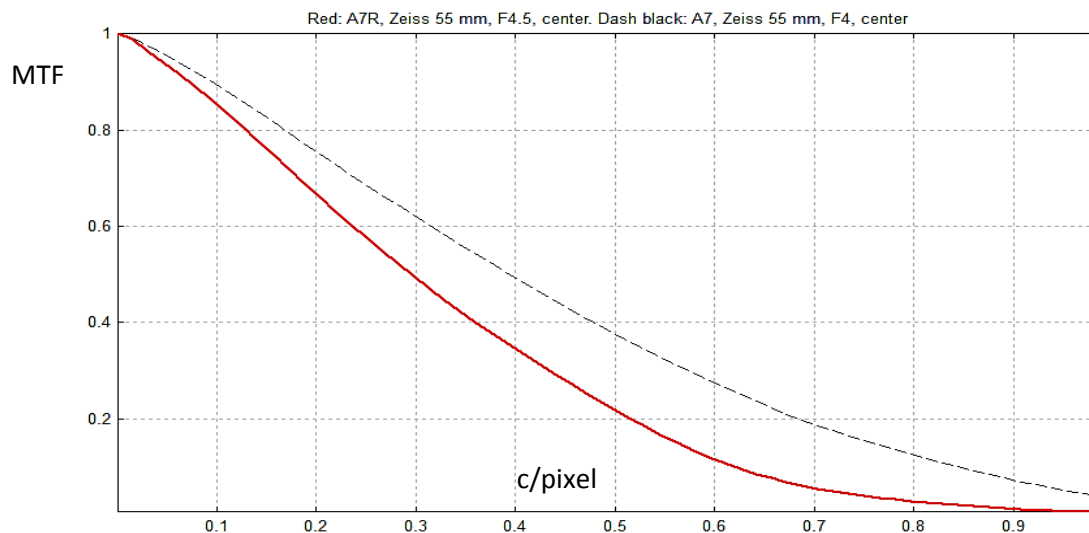
Som synes är det en stor skillnad beroende på kantens orientering. Kameran testades i två olika orienteringar (portrait och landscape), och det kunde konstateras att det verkligen är mönstrets orientering på sensorn som är avgörande; med kameran i portrait-läge gav vertikala motivkanter bäst MTF, medan det i landscape-läge var horisontella motivkanter som gav bäst MTF. Ytterligare en identisk A7-kamera testades, och även den betedde sig på samma sätt. Precis samma beteende erhöles också med Zeiss 55 mm objektivet. Allt tyder alltså på att det är sensorn i A7-modellen som är orsaken till detta beteende. Misstanken riktar sig då mot optiska lågpasfilter. Det finns en slående likhet mellan figuren på föregående sida och Fig. 22.6 i fotokompndiet. Om lågpasfilter endast verkar i horisontell riktning (med kameran i landscape-läge), och om filterets nollställe lagts till drygt 0.7 c/pixel, så skulle det förklara beteendet. Men varför ha ett filter som bara verkar i en riktning?

Efterforskningar på nätet verkar bekräfta att A7 är utrustad med ett lågpasfilter som verkar enbart i en riktning. Det är inte lätt att hitta information om detta (intensiv googling med olika kombinationer av sökord), men jag har sett uppgift om att ett antal kameror, däribland A7II, är utrustade med lågpasfilter som verkar endast i en riktning (www.strollswithmydog.com/resolution-model-digital-cameras-aa/). På ett annat ställe står att A7II har precis samma sensor som A7, dvs vår kameratyp (dpreview test av A7II). För att testa den endimensionella hypotesen tog jag vid några frekvenser kvoten mellan MTF för horisontella och vertikala kanter (A7 med zoom vid 50 mm och F4.5). Kvoten bör då representera lågpasfilterets MTF. Resultatet framgår av figuren nedan. I diagrammet finns även inritat den teoretiska MTF-kurvan för ett lågpasfilter av dubbelbrytande typ (beloppet av cosinus) med ett nollställe vid 0.72 cycles/pixel. Överensstämmelsen är häpnadsväckande. Den första internetkällan ovan anger att filterets nollställe brukar ligga i intervallet 0.62-0.78 cycles/pixel, vilket också stämmer bra med mina resultat. Men jag förstår fortfarande inte varför man använder ett lågpasfilter av denna typ. Med kameran i landscape-läge suddas alltså streckmönster med vertikala linjer till, medan mönster med horisontella linjer inte påverkas av filtret. (Tester med diagonala mönster visar att MTF blir densamma i bägge diagonalriktningarna, och ett polarisationsfilter på objektivet med vertikal eller horisontell orientering gör att MTF blir samma för vertikala och horisontella kanter). Jag tycker att det vore begripligare om filtret vore orienterat för att suddas till bilden i diagonalriktningen, eftersom det då verkade på både horisontellt och vertikalt orienterade linjemönster (i praktiken de vanligaste mönsterorienteringarna). Nåväl, låt oss lämna detta ämne med lite rynkade ögonbryn.



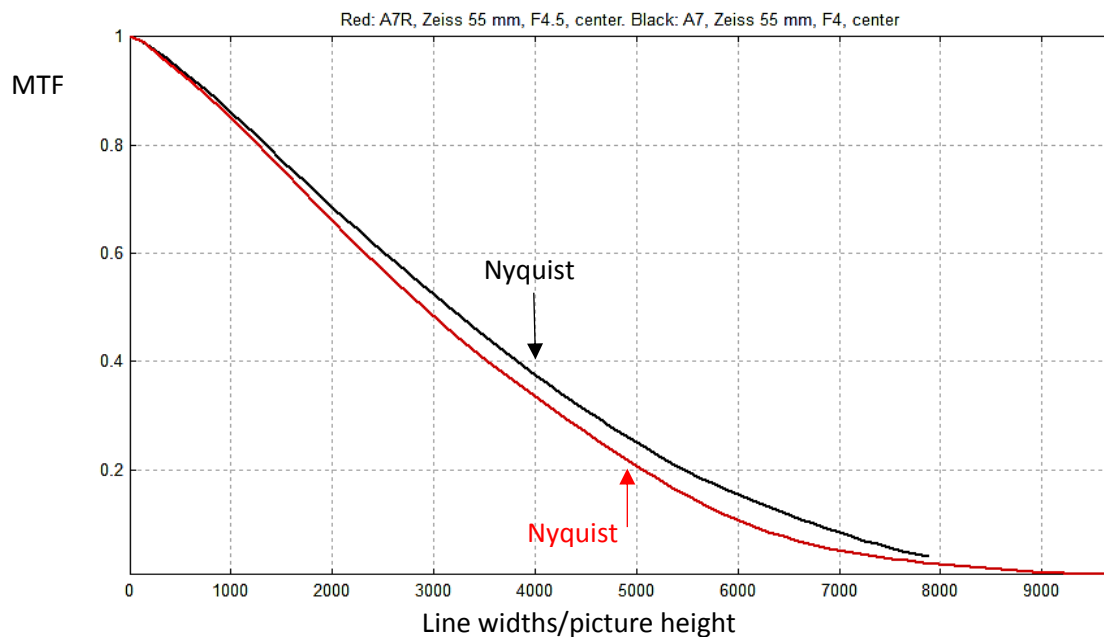
Resultat: Sony A7R

Nu över till A7R-kameran, som även den är en fullformatare, men med 36 Mpixlar (A7 har 24) och utan lågpasfilter. För att testa repeterbarheten i fokuseringen, började jag med att fotografera upprepade gånger med både Zeiss 55 mm och zoom på 50 mm. I bägge fallen med bländartal 4.5. Repeterbarheten var mycket god. Jag testade också lite med manuell fokusering, men det gav aldrig bättre resultat (ibland sämre). Nedan visas resultatet i bildcentrum med Zeiss 55 mm. Som jämförelse är kurvan för A7 med samma objektiv inlagd (samma kurva som på sidan 6).



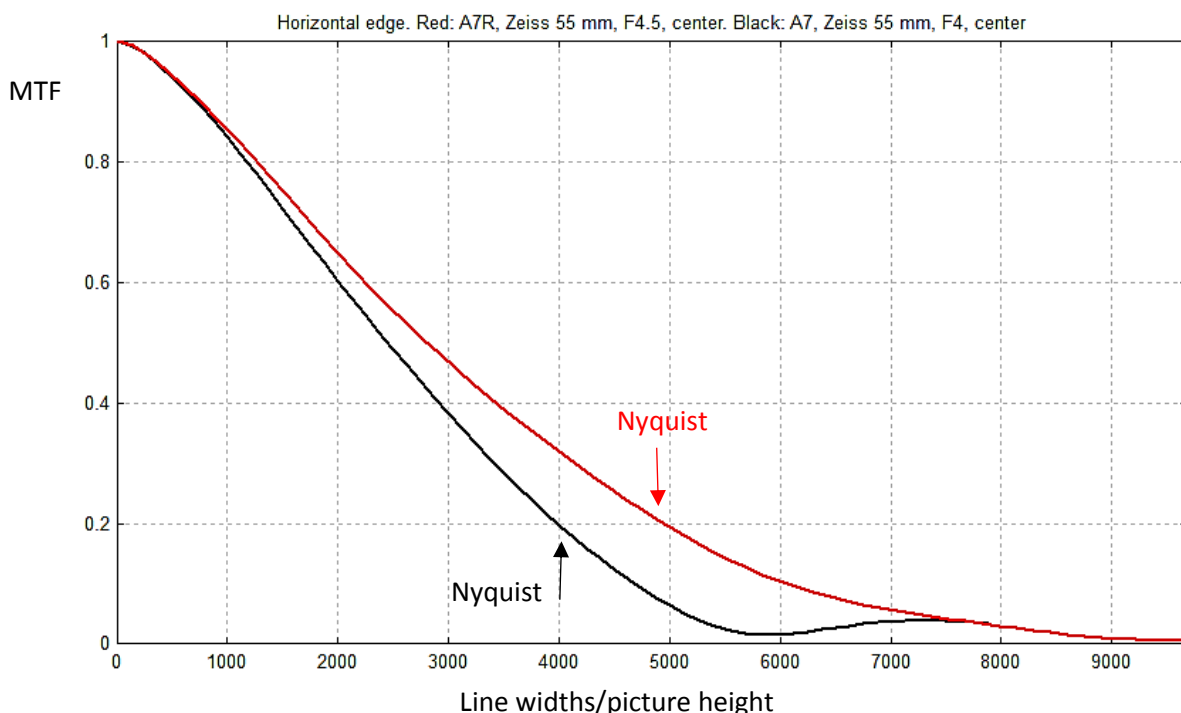
Jämförelse mellan A7R och A7 utrustade med samma objektiv (Zeiss 55 mm). Svart/vita kanten som mättes var orienterad vertikalt.

Resultatet ser rätt nedslående ut för A7R, dess kurva ligger klart under den för A7. Men jämförelsen är inte riktigt rättvis eftersom kamerorna har olika antal pixlar. Här kan vi istället använda frekvensskalan line widths/ picture height för att få en rättvis jämförelse.



Samma kurvor som i föregående figur, men med mera rättvisande ortsfrekvensskala.

Nu ser kurvorna betydligt mera lika ut. Fortfarande ligger A7 något högre, men skillnaden är inte mycket större än den slumpvisa variationen när man mäter på olika närliggande kanter i samma bild. Men ändå, borde inte A7R ha bättre MTF än A7? Rent teoretiskt borde man förvänta sig det, eftersom pixlarna är mindre. Men verklighetens sensorer består inte av enkla teoretiska pixlar, så det är inte omöjligt att A7R har något sämre MTF trots den mindre pixelstorleken. Jag har tagit ett flertal bilder med A7R, och alla pekar mot att A7R faktiskt ligger lite sämre än A7 MTF-mässigt. Fördelen med A7R ser man naturligtvis i nedre figuren på föregående sida; A7R har en högre Nyquistgräns (röd pil) jämfört med A7 (svart pil). A7R kan alltså med hyggligt bra kontrast återge små motivdetaljer som i A7:an bara resulterar i störande moirémönster. Värt att notera är också att kurvorna för A7 på föregående sida gäller i riktningen där lågpasfiltret inte verkar (vertikal motivkant). I A7:ans "lågpassriktning" (horisontell motivkant) så ser motsvarande kurvor ut så här:



Jämförelse mellan A7R och A7 utrustade med samma objektiv (Zeiss 55 mm). Svart/vita kanten som mättes var orienterad horisontellt.

Nu är förhållandet det omvända, A7R uppvisar klart bättre MTF (nästan identisk med vertikal motivkant) än A7. Så sammantaget får man nog säga att A7R ger bättre avbildningsegenskaper än A7, även om A7 för vissa mönsterorienteringar ger väl så hög MTF som A7R. A7:an lider dock av större moiré-problem, och en MTF som beror ganska kraftigt på mönsterorienteringen.

Ang. repeterbarhet och vikten av korrekt fokusering

En förständig person skulle kanske ha slutat sina undersökningar här, men jag kunde inte låta bli att fortsätta med tester av reproducerbarheten för A7R med Zeiss 55 mm. Och naturligtvis hände det konstigheter. Vid nya tagningar blev MTF-värdena klart lägre, och dessutom blev det en viss skillnad mellan horisontella och vertikala kanter (men inte så stor skillnad som för A7). För att göra en visuell kontroll av de äldre och nyare bilderna omvandlade jag bägge med Photoshop Rawconverter (linear scaling, sharpening noll, tiff output) och tittade på inzoomade linjemönster. Det var ingen tvekan om

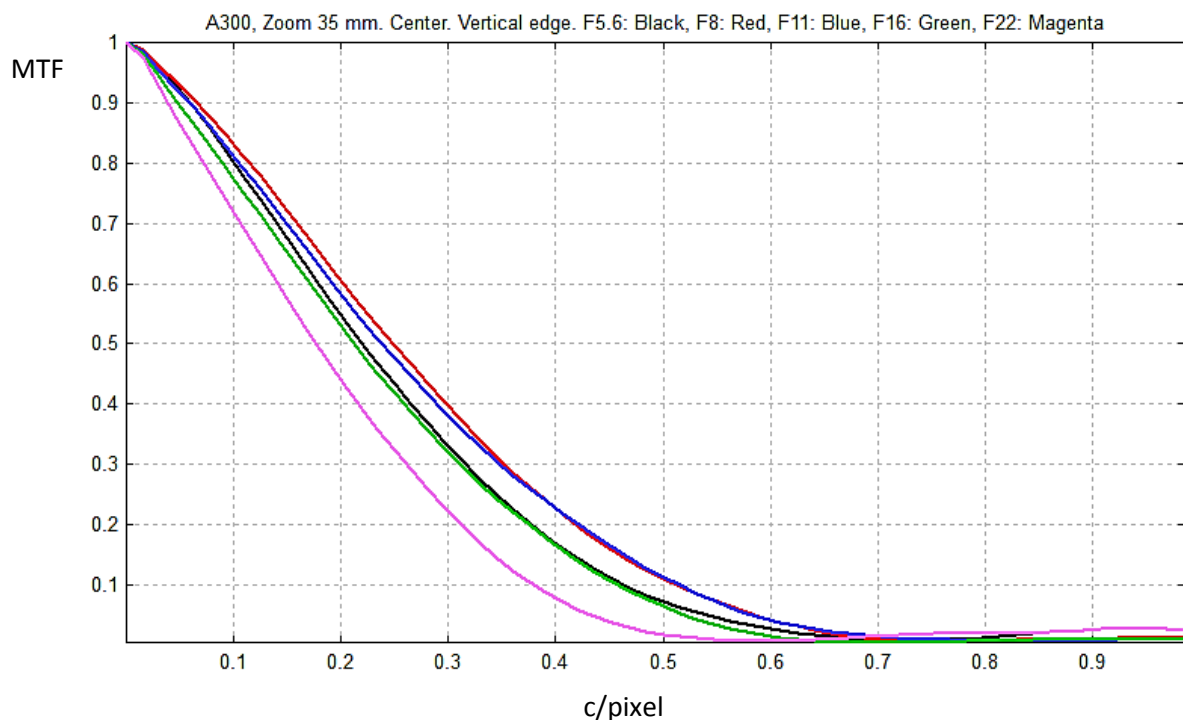
att den nyare bilden gav sämre skärpa. Eftersom fotograferingsförhållandena (och bländartal) var identiska, kan jag bara tolka detta som att fokuseringen lyckats olika bra i de bägge fallen.

För att testa fokuseringens inverkan, så tog jag upprepade bilder med A7R och Zeiss 55 mm objektiv vid F4.5. Det visade sig att när jag fokuserade på lite olika motivdelar (linjemönster med olika orientering, sektorstjärna, svartvita kanter) så blev skärpan i bilderna olika på ett reproducibelt sätt (MTF-kurvorna påverkades). Men de bästa resultaten överensstämde med de MTF-kurvor som jag återgett ovan. Så mina kurvor återspeglar fall där fokuseringen "lyckats". Man kan alltså inte lita på att autofokus gör ett bra jobb bara för att man fokuserar på det man tycker är "skarpa" motivdelar. Detta beror naturligtvis på autofokuseringsalgoritmens utformning, som man inte vet något om.

Vid dessa förnyade experiment såg jag också att det finns en systematisk skillnad mellan vertikala och horisontella kanter för A7R; de vertikala tenderar att ge en något bättre MTF, men skillnaden är inte alls lika stor som för A7. (Vid lite högre bländartal, typ 11, försvinner praktiskt taget MTF-skillnaden för vertikala och horisontella kanter.) Eftersom A7R saknar lågpasfilter, måste denna skillnad ligga i sensorns utformning. Jag testade också att ändra vinkeln lite på kanterna, och kunde se att det gjorde väldigt liten skillnad. Så vinkeln på "slanting edge" är inte kritisk.

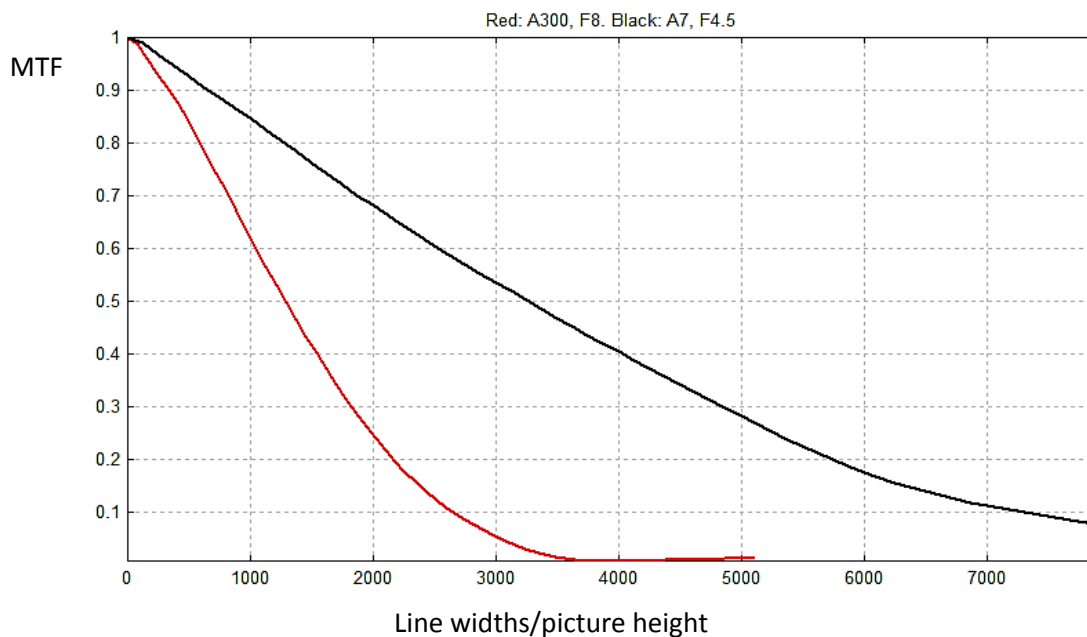
Resultat: Sony A300

Sedan körde jag några tester med en gammal Sony A300 (APS-sensor, 23.6 mm x 15.8 mm, 10 Mpixlar, med lågpasfilter). Kameran var utrustad med kitzoom (DT 18-70 mm) inställd på 35 mm, vilket motsvarar 53 mm i fullformat. Steadyshot var avstängt. MTF i centrum uppmätt på vertikal kant, och för olika bländartal visas nedan (F5.6 är full bländaröppning). Jämfört med A7-kamerorna ligger dessa kurvor lägre, vilket gör att risken för moiré-effekter är lägre. Beroendet på bländartalet är typisk för lite billigare optik.



MTF-kurvor i bildcentrum vid olika bländartal för Sony A300 (APS-format). Zoomen var inställd på 35mm (motsvarande 53 mm för fullformat).

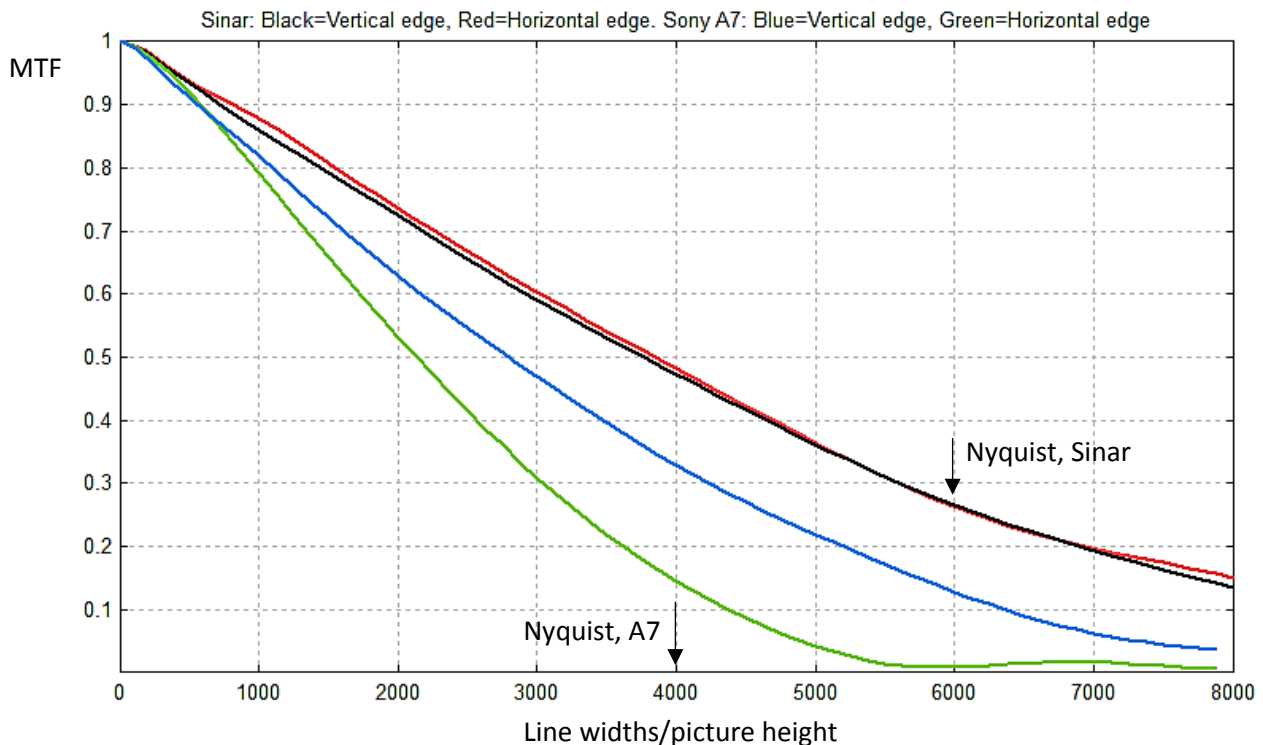
För att få en rättvis jämförelse mellan kamerorna, så finns nedan en figur med MTF-kurvor för A300 och A7 med frekvensaxeln graderad i line widths/picture height. Kurvorna gäller för bildcentrum (vertikal kant), och för det bländartal som gav bäst resultat. Det är häpnadsväckande hur mycket bättre MTF A7 ger. A300 uppvisar en viss skillnad i MTF mellan vertikala och horisontella kanter även i centrum, men skillnaden är mycket mindre än för A7. Vid bästa bländartal, F8 för A300, är skillnaden i MTF för centrum och bildkanten mycket liten för vertikala kanter, men mycket stor för horisontella kanter (kameran var i portrait-läge). Det tyder på kraftig astigmatism och/eller koma. Anmärkningsvärt är att skillnaden i MTF är stor mellan vertikala och horisontella kanter även för bländartal upp till 22 i bildkanten (medan den är helt försumbar i centrum vid F22). Hursomhelst, allt tyder på att optiken till A300 inte är bra. (Optiken är inte utbytbar mellan A300 och A7, så man kan inte "korstesta".)



Jämförelse mellan bästa prestanda som kan erhållas i bildcentrum med A7 resp. A300. Det påfallande dåliga resultatet för A300 kan nog tillskrivas både den mindre sensorstorleken och att optiken har sämre prestanda.

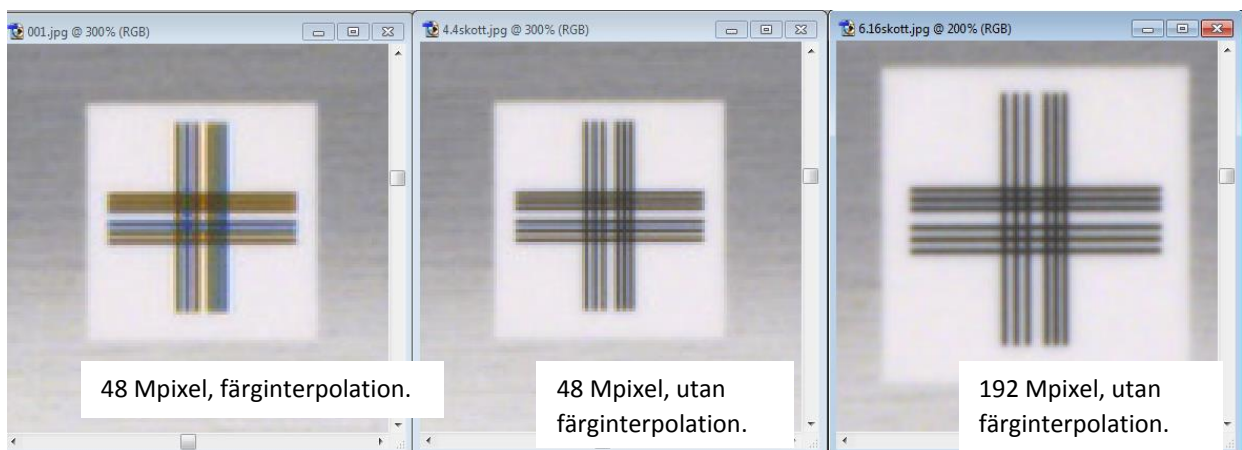
Mätningar på Sinar (bildmaterial från Jens Östman, Kungl. Bibl.)

Fotograferingen gjordes på Kungl Biblioteket med Sinar Digital Back eXact, vilket har en sensorstorlek av 48 x 36 mm och 48 Mpixlar. Ett 60 mm objektiv användes vid F8. På nästa sida visas MTF-kurvor för Sinar tillsammans med motsvarande för Sony A7 (f=50 mm, F8). A7 får nu se sig klart slagen av Sinar (inte helt oväntat). Sinar uppvisar också symmetriska egenskaper i horisontell och vertikal riktning, till skillnad från A7.



MTF-kurvor för "mellanformatskameran" Sinar (48 x 36 mm sensor) och Sony A7.

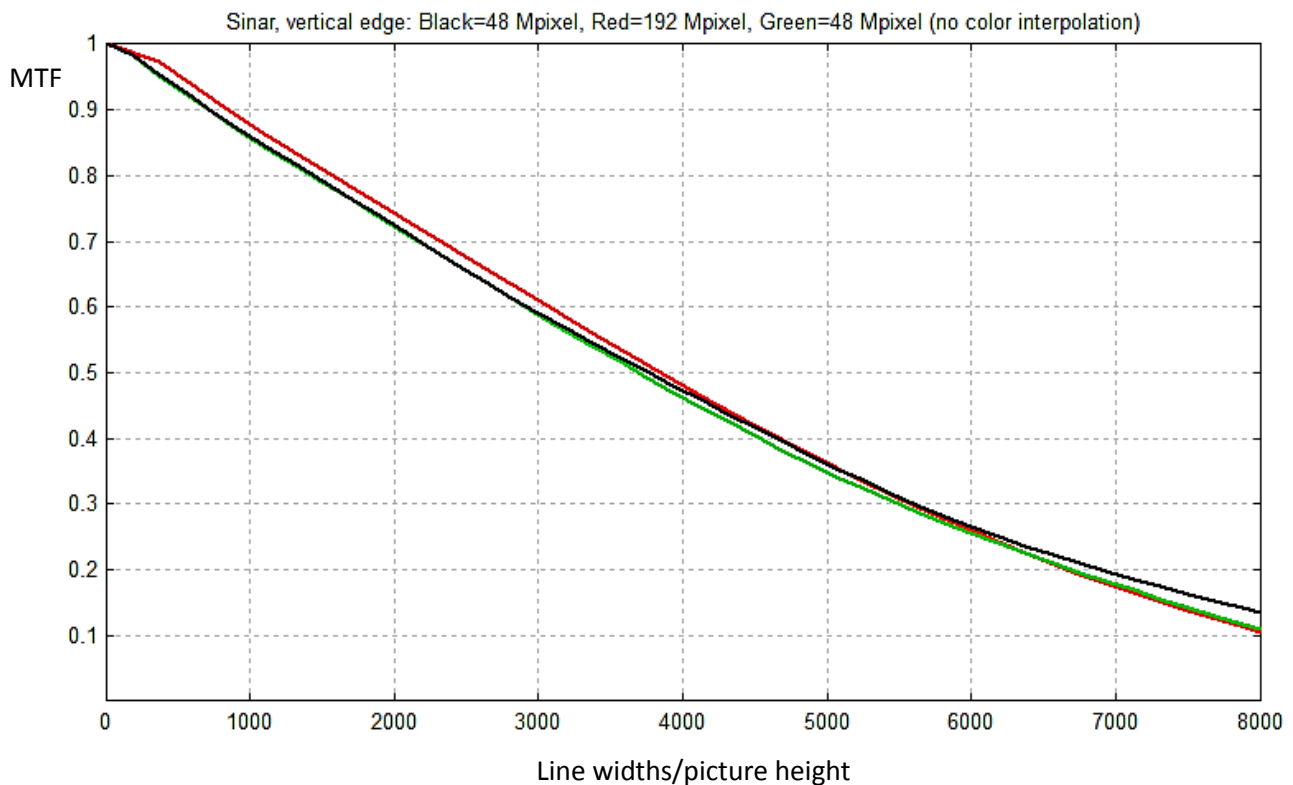
Både Sinar och A7 kan förväntas ha en del problem med moiré. Sinar har dock möjligheten att utnyttja mikrostepping. Detta ger en fördubbling av Nyquistfrekvensen (till 12000), vilket torde praktiskt taget eliminera moiré-effekter. Dessutom har Sinar möjligheten att flytta sensorn i helsteg, så att alla pixlarna kan sampla alla RGB-komponenter (sensorn har en Bayer RGB-mosaik). Bildexempel på vad dessa mikrosteppningsmoder åstadkommer visas i figuren nedan.



Exempel på effekten av mikrostepping av sensorn i Sinar-kameran. Vänstra bilden är utan mikrostepping, mittenbilden med mikrostepping i helsteg och högra bilden med halvsteg.

MTF för optik och sensor är densamma för alla tre bilderna, det enda som skiljer är samplingen. Det är uppenbart att det är en klar fördel att slippa göra färginterpolation (färgmoiré uppträder tidigare än svartvit moiré). Och det är också tydligt att det är en fördel att mikrosteppa med halvsteg, så att man får en bild med 196 Mpixels (om man mäktar med att hantera så stora filer).

Nedan visas MTF för Sinar (vertikal kant) dels utan någon mikrostegning alls (svart), dels med mikrostegning i halvsteg (röd) och helsteg (grön). Ingen signifikant skillnad, vilket innebär att mikrostegningen inte verkar innebära några vibrationsproblem. Röda kurvan togs från jpeg-fil skapad ur rådata med all sharpening satt till noll och linjär skalning i råkonverteraren (råfilen var för stor för MTF Mapper). Alla övriga Sinar-kurvor är från rådata-filer laddade i MTF Mapper.



MTF-kurvor med och utan mikrostegning för Sinar. Kurvorna är i stort sett identiska, vilket visar att mikrostegningen inte ger några problem med vibrationer.

Referens

K. Carlsson, Teknisk Fotografi, Teori och Tillämpningar:

<https://www.kth.se/social/files/5c7faed456be5bc5b2cd7ac5/FOTOKOMPENDIUM.SK1140.VT19.pdf>

Author: Kjell Carlsson

Email: kjellc@kth.se