



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fredrik Ove Edvard Pensar

SLI™ och CrossFire™

- En studie i grafisk hårdvara

Företagsekonomi och turism  
2010

## ABSTRAKT

Författare	Fredrik Pensar
Lärdomsprovets titel	SLI och CrossFire – En studie i grafisk hårdvara
År	2010
Språk	svenska
Sidantal	84 + 6 bilagor
Handledare	Christer Karlsson

---

Allt eftersom datortekniken går framåt med snabbare processorer, snabbare och större minnen och hårddiskivor går också grafikhårdvaran framåt. De flesta som sysslar med datorer i allmänhet, och datorgrafik i synnerhet, vet att grafikkortet är en viktig del i de flesta datorer. Men få har en uppfattning om vad SLI och CrossFire egentligen är och vad det betyder.

Den snabba utvecklingen inom databranschen har möjliggjort något som grafikhårdvaratillverkarna experimenterade med i slutet av 1990-talet nämligen att använda två grafikkort i en dator i stället för ett. SLI och CrossFire är tekniker, från rivalerna inom branschen Nvidia och AMD/ATI, som tar vid där prototyperna från 1990-talet slutade.

Syftet med den här studien är att ge en bred bild av vad dessa två tekniker är och hur de fungerar samt hur man kan använda dem på bästa sätt. Jag ska också utreda om dessa tekniker är ett bra alternativ till standard grafikkortslösningen med ett grafikkort. Studien kommer också att fungera som en guide till hur man använder SLI och CrossFire på bästa sätt. Detta görs genom att gå igenom tillgängliga litteratur, fakta och tester.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Utbildningsprogrammet för företagsekonomi och turism

## **ABSTRACT**

Author	Fredrik Pensar
Title	SLI och CrossFire – En studie i grafisk hårdvara
Year	2010
Language	swedish
Pages	84 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Christer Karlsson

---

As the computer industry continues to evolve with faster processors, faster and bigger memories and harddrives the graphics hardware does the same. Most of the people who deal with computers in general and computer graphics in particular know that the graphicscard is an important component. Even though this is the case not many have a good perception of what SLI and CrossFire are.

The fast paced evolution of the industry has allowed the graphics hardware manufacturers to implement an idea, which was experimented with in the late 1990's, to use two graphicscards instead of one in the same computer. These are the technologies that are known as SLI and CrossFire from the graphicshardware manufacturer rivals Nvidia and AMD/ATI.

The purpose of this study is to paint a detailed picture of what these technologies are and how they work. At the same time it will work as a guide on how to utilize these technologies in the best way. Also I will have a look at if SLI and CrossFire are good alternatives to the standard graphicshardware solution with one graphicscard. To do this I will utilize the literature, facts and tests that are available.

---

Keywords                      Graphics, hardware, tests, guide

## INNEHÅLL

ORDLISTA	7
1. INLEDNING	8
2. VAD ÄR ETT GRAFIKKORT?	9
3. VAD ÄR SLI?	11
4. VAD ÄR CROSSFIRE?	13
5. HUR FUNGERAR SLI?	15
5.1 Scalable Link Interface	15
5.2 SFR, Split Frame Rendering	16
5.3 AFR, Alternate Frame Rendering	17
5.4 Alternate Frame Rendering på Split Frame Rendering	19
5.5 SLI AA (Anti-aliasing)	20
5.6 Inter-GPU kontakt eller SLI-Brygga	21
5.7 Hybrid SLI	22
6. HUR FUNGERAR CROSSFIRE?	24
6.1 CrossFire	24
6.2 Hybrid CrossFireX	27
6.3 CrossFire's bildåtergivningslägen	27
6.3.1 AFR, Alternate Frame Rendering	27
6.3.2 Scissor Frame Rendering eller Split Frame Rendering	29
6.3.3 Supertile	30
6.3.4 Super AA	32
7. DRIVRUTINER OCH GRÄNSSNITT	32
7.1 Vad är en drivrutin?	33
7.2 nVidias drivrutiner	34
7.2.1 nVidias gränssnitt	35
7.3 AMD/ATI's drivrutiner	37
7.3.1 AMD/ATI's gränssnitt	38
8. GENOMGÅNG OCH FÖRKLARING AV JUSTERBARA	
PARAMETRAR	41
8.1 Anisotropisk filtrering	41
8.2 Antialiasing	42

8.3	Texture Filtering	44
8.4	Övriga inställningar	46
9.	VAD KRÄVS FÖR ATT ANVÄNDA DE TVÅ TEKNIKERNA?	49
9.1	Utrustning för att använda SLI	49
9.1.1	Grafikkort	49
9.1.2	Moderkort	50
9.1.3	Strömkälla	50
9.2	Utrustning för att använda CrossFire	51
9.2.1	Grafikkort	52
9.2.2	Moderkort	53
9.2.3	Strömkälla	54
10.	VAD ÄR SKILLNADEN MELLAN SLI OCH CROSSFIRE?	55
11.	TESTER	57
11.1	Prestandajämförelsetest mellan ett nVidia GeForce grafikkort och samma grafikkort i en SLI konfiguration	57
11.1.1	Deltest 1 – 3DMark06 och 3DMark Vantage	58
11.1.2	Deltest 2 – Crysis Warhead	59
11.1.3	Deltest 3 – Far Cry 2	61
11.1.4	Slutsats av testet	62
11.2	Prestandajämförelsetest mellan singel AMD/ATI Radeon grafikkort och samma grafikkort i en CrossFireX konfiguration	63
11.2.1	Deltest 1 – 3DMark06	64
11.2.2	Deltest 2 – Crysis	66
11.2.3	Deltest 3 – World in Conflict	68
11.2.4	Slutsats av testet	69
11.3	Prestandajämförelsetest mellan SLI och CrossFireX	69
11.3.1	Deltest 1 – 3DMark Vantage	70
11.3.2	Deltest 2 – Crysis Warhead	72
11.3.3	Deltest 3 – Far Cry 2	74
11.3.4	Slutsats av testet	75
11.4	Strömförbrukningstest	76
11.4.1	Test 1 – Strömförbrukning för hela datorn	77

11.4.2	Test 2 – Strömförbrukning för endast grafikkort	78
11.4.3	Reflektioner på strömförbrukningstesten	79
12.	SLUTSATS	80
13.	KÄLLFÖRTECKNING	82
13.1	Litteratur	82
13.2	Artiklar	82
13.3	Elektroniska Publikationer	82
14.	BILAGOR	85
14.1	Bilaga 1	85
14.2	Bilaga 2	86
14.3	Bilaga 3	87
14.4	Bilaga 4	93
14.5	Bilaga 5	96
14.6	Bilaga 6	99

## Ordlista

<b>AGP:</b>	En äldre variant av en databuss för grafikkort till moderkortet.
<b>FSB, Front Side Bus:</b>	Databuss som överför data mellan CPU och Nordbryggan. Nordbryggan är kopplad till RAM minnet och Grafikprocessorn.
<b>GPU, Grafikprocessor:</b>	En mikroprocessor som är optimerad för grafikrelaterade beräkningar.
<b>Latens:</b>	Tekniskt uttryck för tidsfördröjning eller svarstid.
<b>OpenGL:</b>	Open Graphics Library, en standardiserad specifikation för ett språk att skriva applikationer som producerar 2-D och 3-D grafik.
<b>PCI-E:</b>	Ett gränssnitt för instickskort till moderkortet.
<b>Pixel:</b>	Pixel eller bildpunkt är det minsta elementet som en grafisk bild byggs upp av.
<b>PSU, Powersupply:</b>	Strömkälla för en dator som omvandlar 220 volt från vägguttaget till bland annat 12V och 5V som används av olika datorkomponenter.
<b>Rasterisera:</b>	Kommer från engelskans Rasterize och är uppgiften att konvertera en bild, som är beskriven med vektorgrafik, till bildpunkter eller pixlar.
<b>Rendering:</b>	Den beräkning som ett datorprogram utför för att framställa en bild eller animering utifrån en 3D-modell.
<b>Texel:</b>	Texel, Texture Element eller Texture Pixel. Är en fundamental del av strukturmiljön inom datorgrafik.
<b>Vertex:</b>	En datastruktur som beskriver en punkt i en 2-D eller 3-D miljö.
<b>Vertex Shader:</b>	En vertex shader är en grafikprocesseringsfunktion som används för att tillsätta special effekter till objekt I en 3-D miljö.

## 1. Inledning

Från att endast ha varit en maskin som användes för att göra avancerade beräkningar har datorn utvecklats mer och mer mot en underhållningsmaskin. Nu för tiden är det inte ovanligt att en dator inhandlas med enda syftet att det skall spelas spel på den. Framförallt på senare tid har grafiken blivit den dominerande faktorn när man väljer vilket spel man vill köpa. Därför är det viktigt att skapa så bra förutsättningar som möjligt för att grafiken skall hålla så hög kvalitet som möjligt. När en bild skall visas på skärmen måste den först laddas in i grafikortets minne, grafikminnet. När sedan, som i ett datorspel, hela världar visas på skärmen måste man ladda in stora mängder bilder, eller texturer som det kallas i 3d spelens värld. Detta leder till att ju större och mer detaljerade världar som skall visas desto mer grafikminne och snabbare grafikprocessorer krävs. Detta i sin tur leder till att man behöver uppgradera sin grafikhårdvara med jämna mellanrum.

Det är här SLI och CrossFire kommer in i bilden. Istället för att köpa ett helt nytt grafikort, kan man köpa ett till likadant som man redan har eller ett nyare och koppla ihop med det existerande grafikortet. På detta sätt kan man lösa problemet billigt, för grafikort sjunker ofta ganska snabbt i pris på grund av den snabba utvecklingen som sker i branschen.

I det här arbetet kommer jag att undersöka utvecklaren nVidia:s SLI teknik och utvecklaren AMD/ATI:s CrossFire teknik ingående med hjälp av tillgängliga fakta och tester av de samma. Målet är också att skapa en guide till hur man använder teknikerna på bästa sätt och en genomgång av vad grafik och grafikinställningar egentligen är.



## 2. Vad är ett grafikkort?

Bilderna som man ser på sin bildskärm består av små prickar som kallas pixels\*. Vid normala upplösningar på en bildskärm så består bilden man ser utav över en miljon pixlar. Datorn måste bestämma exakt vad den ska göra med varje pixel för att framställa en bild. Att göra en 3D bild från binär data är en krävande process. Först ritas en grund upp med raka linjer. Sedan rasteriseras\* bilden (fyller i alla övriga pixlar) och ljus, färg och texturer tillsätts. För att till exempel ett 3D spel ska flyta på på bra så ska detta förlopp ske ca 60 gånger i sekunden. Så för att utföra detta så behövs en "översättare" som tar binära datan från CPU:n och översätter den till en bild. Om inte moderkortet har den funktionen inbyggd, en så kallad integrerad grafikmodul behövs ett grafikkort.

En konventionell dator har i långa tider haft ett grafikkort som sköter om grafiken. Det är mest bärbara datorer som på grund av sin storlek använder integrerade grafikmoduler. Namnet grafikkort syftar till kretskortet som grafikkortet är byggt på. Men ett grafikkort har flera olika komponenter. Ett grafikkort består först och främst av en grafikprocessor, en GPU\*, som sköter om kalkyleringar som behövs för att framställa en bild på bildskärmen. GPU:n fungerar nästan på samma vis som en CPU. Men GPU:n är designad specifikt för för att utföra komplexa matematiska och geometriska kalkyleringar som är nödvändiga för grafisk återgivning. Det är så att några av de snabbaste GPU:na har mer transistorer än en genomsnittlig CPU. Det här leder till att GPU:n alstrar väldigt mycket värme. Man ser oftast ingenting av komponenterna på ett nyare grafikkort på grund av kylningsanordningen som omfattar hela grafikkortet. Kylningen består oftast av så kallade heatpipes och en fläkt för att pumpa luft genom kylflänsen. Man kan också använda vattenkylning.

Grafikkortet har också eget minne på samma sätt som datorn har sitt RAM minne. Minnet används som buffert för att lagra färdiga bilder som ska skickas till bildskärmen. Men det håller också den information som GPU:n behöver för att framställa nästa bild. I dagens läge används väldigt snabba minnen, så kallade GDDR5 RAM minnen. Den som har byggt en egen dator vet att dagens

motsvarighet på vanligt system RAM minne heter DDR3. GDDR5 minnena som används är också något som kallas "dual ported". Det betyder att systemet kan skriva in information och på samma gång läsa information ur minnet.

Man kan likna ett grafikkort med ett moderkort med tillhörande processor (CPU), RAM minne och eget BIOS chip. BIOS står för Basic Input/Output System. BIOS funktion är att se till att alla chip, hårddiskivor, portar och processorer fungerar tillsammans.

Eftersom ett grafikkort kommunicerar direkt med CPU:n (informationen om nästa bild kommer direkt från CPU:n) behövs en bra koppling till moderkortet. Först kom PCI porten sedan AGP\* porten och nu används PCI-Express porten. För att kunna använda SLI eller CrossFire är PCI-E\* portar nödvändiga [15].

\* Se ordlista.

### 3. Vad är SLI?

Allt började med 3Dfx och deras Scan-Line Interleave som användes med deras dåvarande Voodoo2-kort. Detta fungerade så att grafikkorten sammanlänkades och tog hand om varannan linje som skulle visas på skärmen. nVidia köpte upp 3Dfx i början på 2000-talet och 2004 återupplivades SLI-tekniken, men då med namnet Scalable Link Interface. Även om tekniken delade akronym med 3dfx's teknik fungerar den annorlunda.

Dagens SLI fungerar så att man sammanlänkar två eller flera grafikkort (eller egentligen grafikprocessorer) för att dela upp renderingen\* av bildrutorna i en 3D applikation. Man monterar helt enkelt korten i lediga PCIe x16-platser på moderkortet och sammanlänkar dessa med den klassiska SLI-bryggan. Det finns sedan ett flertal olika sätt att rendera på och jag ska gå igenom dessa i kapitlet om hur SLI fungerar [18] [21] [23].

\*Se ordlista.

Dagens SLI innehåller:

#### **Stöd för upp till 4 stycken grafikprocessorer**

Man kan koppla ihop och använda SLI i två-, tre-, och fyra vägs kombinationer [6].

#### **Fler kombinationer**

Man kan koppla ihop olika modeller av nVidias Geforce grafikkort i en SLI konfiguration. Ett vanligt grafikkort kan också kopplas ihop med ett på moderkortet integrerat grafikkort. Det kallas Hybrid SLI [6].

#### **SLI över flera skärmar**

SLI kan också användas över flera skärmar [6].

## PhysX

12.8.2008 släppte Nvidia PhysX drivrutiner som tillåter grafikprocessor acceleration. PhysX kan användas på den primära grafikprocessorn, den sekundära grafikprocessorn eller på båda i en SLI konfiguration [6].



**Figur 3.1.** Två stycken Geforce 8800 GT grafikkort kopplade i SLI med SLI-bryggan mellan korten. [23]

#### 4. Vad är CrossFire?

Att kombinera flera grafikkort för att få upp hastigheten är inte en ny företeelse. Som sagt testade 3dfx det 1999 med Voodoo2 och även AMD/ATI släppte en produkt redan 2000 där två stycken RAGE 128 PRO GL GPU's kombinerades på ett kort (ATI Rage Fury Maxx). Efter dessa initiala försök föll dock tekniken i glömska och 3dfx, AMD/ATI och senare nVidia koncentrerade sig istället på att skapa snabbare grafikprocessorer. Detta ändrade sig 2004 när nVidia lanserade SLI, Scalable Link Interface.

AMD/ATI ville självklart inte hamna på efterkälken och 2005 lanserades CrossFire, en teknik som fungerade väldigt likt SLI och lät användaren kombinera två stycken AMD/ATI-grafikkort för bättre spelprestanda. CrossFire hade dock ett antal begränsningar gentemot SLI. Tekniken krävde till exempel i början användandet av ett så kallat "Master-card"; ett speciellt kort som hade hårdvaran som behövdes för att kombinera bilderna från respektive kort. Det behövdes dessutom en speciell kabel som anslöts till båda korten och sedan till skärmen. Dessa kort kostade mer än vanliga grafikkort och var också väldigt svåra att få tag i. Tidiga versioner av CrossFire hade också begränsat stöd för uppdateringsfrekvenser vid högre upplösningar vilket gjorde att den reella högsta upplösningen låg på 1280x1024. AMD/ATI låg självklart inte på latsidan utan under åren som följde utvecklade man tekniken och tog bort de olika begränsningarna [9].

CrossFireX är den senaste versionen av CrossFire som innehåller:

##### **Stöd för upp till 4 stycken grafikprocessorer**

Tidigare fanns det en begränsning på två stycken grafikprocessorer hos CrossFire men den begränsningen har nu ökat till fyra. Anledningen till att man inte säger grafikkort beror på att HD3870X2 i sig innehåller två stycken grafikprocessorer och man kan därför bara kombinera två av dessa kort [1].

## Fler kombinationer

CrossFire X låter dig nu skapa flera kombinationer av grafikkort och samtidigt utnyttja varje kort till fullo. Du kan till exempel kombinera ett HD3870X2-kort med ett HD3870-kort och ett HD3850-kort och låta varje kort köras vid sin egen klockfrekvens. Detta kallas hybrid CrossFire X [1].

## Crossfire över flera skärmar

Med CrossFire X går det nu att slå på CrossFire och fortfarande använda flera skärmar [1].

## Integrerad grafik + grafikkort

AMD/ATI har också introducerat möjligheten att låta den integrerade grafiken i sina nya moderkort kombineras med ett HD3450-grafikkort [1].



**Figur 4.1.** Tre stycken ATI Radeon HD4870 grafikkort i en trevägs CrossFire konfiguration. [26]

## 5. Hur fungerar SLI?

När SLI (som Scan Line Interleaving) första gången blev introducerat av 3dfx 1998 med deras Voodoo 2 grafikkort fungerade tekniken på så sätt att grafikprocessorerna delade upp bildrutan som skulle visas i horisontella linjer. Grafikprocessor nummer ett (grafikkort nummer ett) skötte om att rendera alla linjer med jämna nummer. Grafikprocessor nummer två skötte om att rendera alla linjer med ojämnt nummer. På det här sättet blev jobbet att visa en bildruta på skärmen jämnt uppdelat mellan grafikprocessorerna. Men denna typ av SLI försvann nästan helt när AGP bussen introducerades som alternativ till den dåvarande PCI bussen för grafikkort. Detta för att försök att använda sig av två AGP bussar på samma moderkort visade sig vara nästan omöjligt. Det fanns dock några få exempel på multipla grafikkort under AGP bussens era men de är begränsade till militära simulationslösningar som var extremt dyra. Men när den nya versionen av PCI-Express bussar togs i bruk så öppnade sig nya möjligheter att ännu en gång försöka använda sig av multipla grafikkort på ett moderkort. nVidia köpte upp 3dfx på våren 2001 och gjorde uppdateringar och modifieringar på 3dfx:s ursprungliga teknik. På samma gång bytte nVidia namn på tekniken till Scalable Link Interface, med förkortningen SLI som tidigare.

### 5.1 Scalable Link Interface

Dagens SLI utnyttjar PCI-express bussarna och dess protokoll som tillåter att mer än ett grafikkort på samma PCI-express värd, till och med med samma identiska hårdvaru ID:n. Den här förmågan tillåter en SLI setup att använda två eller flera elektriska PCI-express x16 bussar och en kontakt (kallad SLI-brygga) som sammanfogar grafikprocessorerna att accelerera återgivningen av bildrutor. SLI använder sig av följande lägen för bildåtergivning: Split Frame Rendering (SFR), Alternate Frame Rendering (AFR), AFR på SFR och SLI AA (Anti-aliasing) [19].

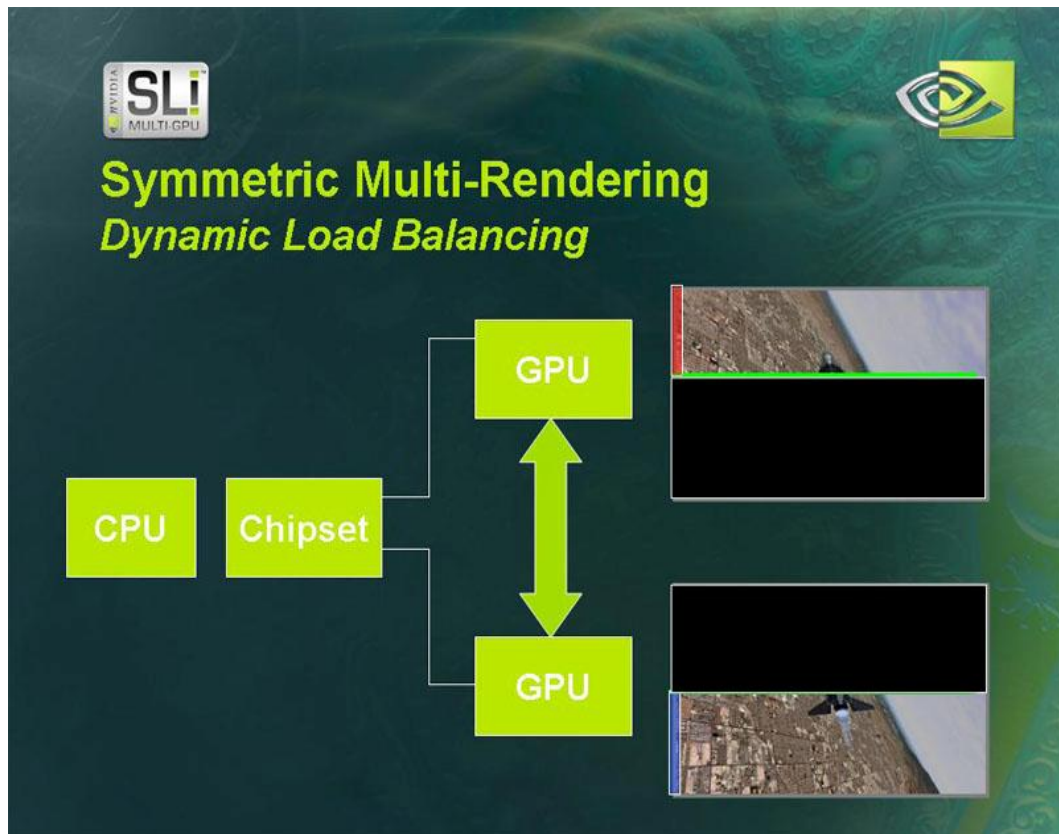
## 5.2 SFR, Split Frame Rendering

Split frame rendering fungerar som namnet antyder så att bilden delas upp i två horisontellt delade delar, övre delen och undre delen. Där efter sköter grafikprocessorerna om varsin del av bildrutan. Den här typen av SLI används av SLI konfigurationer med två grafikprocessorer. Clipping används för att spjälka upp bilden i två delar. Clipping betyder att geometrin i en bild blir konverterad till pixel fragment och datan som behövs för att rendera dessa fragment skickas till rätt grafikprocessor.

Delningen av bildrutor är också belastningsbalanserat. Det kallas för Dynamic Load Balancing. Det kan vara så att i bildruta ett så är belastningen 30% på grafikprocessorn som sköter den övre halvan av bilden medan grafikprocessorn som sköter den undre halvan har en belastning på 70%. Det kan bero på komplexa geometriska matrixer som behöver konverteras till pixel fragment och framför allt var de är placerade. Men detta justeras till nästa bildruta så att belastningsfördelningen blir 50-50. Detta ser man i figur 5.1 där belastningsfördelningen justerats så att den övre delen av bildrutan är mindre men mer komplex än den undre halvan av bildrutan. Och som med så mycket annat i en dator så är det drivrutinerna som ligger bakom delningen av bildrutor och distributionen av data till grafikprocessorerna. Dessutom sköter drivrutinerna om synkroniseringskommandon till grafikkorten. Detta sker över SLI-bryggan eller inter-GPU bridge.

En fördel med SFR är att man slipper extra latens\*. Detta eftersom grafikprocessorerna jobbar på samma bildruta samtidigt. Med latens menas den tid det tar från att användaren gör något som ska synas på skärmen tills det synligt syns på skärmen [19] [22] [25].





**Figur 5.1.** Split Frame Rendering. [18]

\* Se ordlista.

### 5.3 AFR, Alternate Frame Rendering

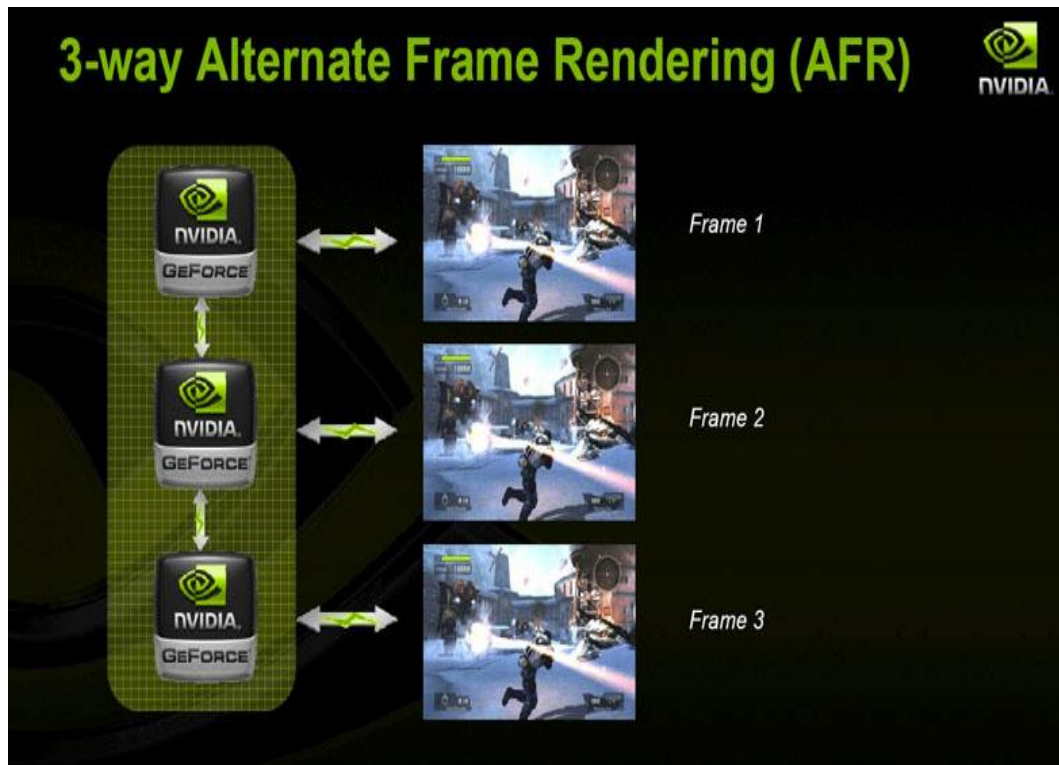
Alternate Frame Rendering fungerar på ett mindre invecklat sätt. Tanken här är att grafikprocessorerna återger varannan bildruta. Det vill säga grafikprocessor ett sköter om hela första bildrutan, grafikprocessor nummer två sköter om hela andra bildrutan, bildruta nummer tre sköts igen av grafikprocessor nummer 1 och så fortsätter det. Tack vare det här sättet så slipper man problemet med de komplexa kalkyleringar som behövs för att dela upp bilden i två delar som i Split Frame Rendering.

Det betyder alltså att CPU:n förbereder hela bildrutor som skickas till GPU:n efter att drivrutinen har avgjort vilken GPU som står i tur att rendera bildrutan. Alltså

blir all data som geometri, fragment data, off-screen resurser som renderings mål och övrigt skickat utan ändringar till grafikprocessorn.

Eftersom AFR fungerar ungefär som en standard grafikortslösning med en grafikprocessor så används mycket buffring. När en GPU arbetar med att rendera en bildruta så blir nästa bildruta förberedd för den andra GPU:n av CPU:n och drivrutinen. Om datan är klar, även före den aktiva GPU:n har renderat klart sin bildruta, så kan den andra GPU:n rendera sin bildruta och förbereda den för en buffer swap. Det betyder att den sekundära grafikprocessorn kopierar över en färdig bildruta till den primära grafikprocessorns buffert. Den här buffringen kan ske flera gånger per bildruta om CPU:n är tillräckligt snabb och det finns överflödigt processorkraft att använda.

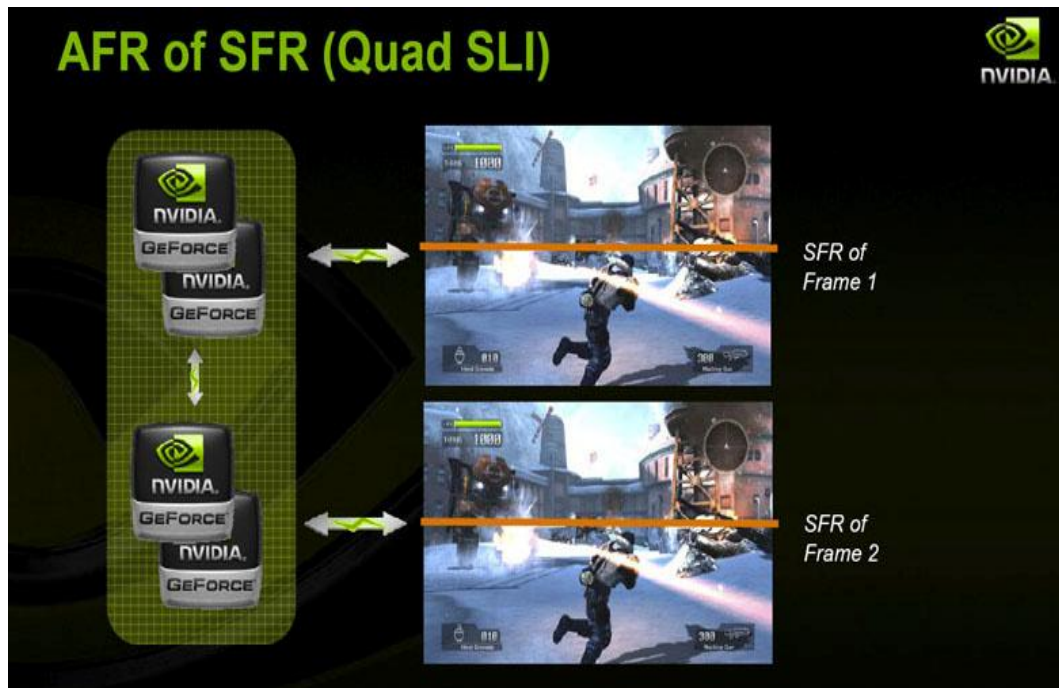
Här kan man då stöta på ett problem. Om det av någon orsak inte sker tillräckligt med buffring av användarens inmatning för interfoliering med renderingsprocessen kan det uppstå eftersläpningar i renderingsutmatningen. Det betyder extra latens. Saker som kan påverka negativt i sammanhanget är en långsam CPU, ooptimerade drivrutiner eller helt enkelt dålig programmering i applikationen som körs [19] [22] [25].



**Figur 5.2.** Tre vägs Alternate Frame Rendering. [18]

#### 5.4 Alternate Frame Rendering på Split Frame Rendering

Den här tekniken används endast om man använder en Quad-SLI konfiguration (fyra olika grafikprocessorer som jobbar tillsammans i SLI). Det fungerar så att de första två grafikprocessorerna arbetar på första bildrutan genom split frame rendering medans de två andra grafikprocessorerna jobbar på nästa bildruta på samma sätt. Och på så vis sköter hanteras varannan bildruta enligt alternate frame rendering tekniken. Figur 5.3 illustrerar hur detta går till [19] [22] [25].



**Figur 5.3.** Quad-SLI AFR på SFR. [18]

## 5.5 SLI AA (Anti-aliasing)

SLI Anti-aliasing, eller kantutjämnning på svenska, är framtaget för att öka bildkvalitet framför allt annat. Normalt sett kan man använda upp till 4x eller 8x anti-aliasing med ett grafikkort. Med den här tekniken kan man uppnå en kantutjämnning på upp till 32 gånger. För att uppnå 32x kantutjämnning krävs att man har en Quad-SLI konfiguration i sin dator. Det fungerar så att grafikkorten delar upp kantutjämningsbelastningen jämnt mellan sig. Mer om kantutjämnning i kapitel 7.2. Figur 5.4 ger en inblick i vad som sker när man använder den här tekniken, dock gör den inte bildkvaliteten rättvisa [19] [22] [25].

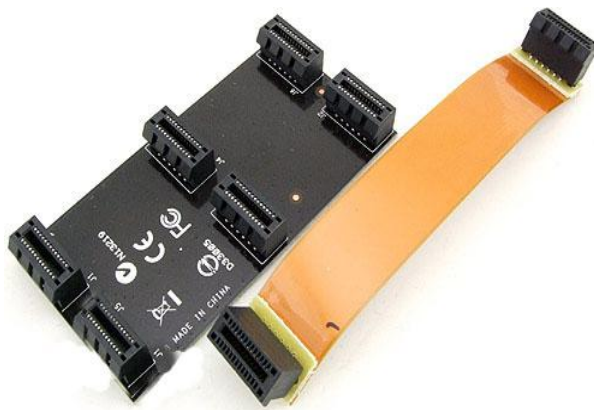


**Figur 5.4.** SLI AA i standard SLI konfiguration. [18]

## 5.6 Inter-GPU kontakt eller SLI-Brygga

När SLI körs så blir data förflyttat mellan grafikprocessorerna för att hjälpa till

med synkroniseringen av renderingen, förfrågningar till bildrutebuffern och kopiera bildrutor till den primära grafikprocessorns buffer. För att detta ska ske så smidigt som möjligt har nVidia konstruerat sin SLI-brygga (figur 5.5). Även om en del av datan



**Figur 5.5.** En tvåvägs och en tvåvägs SLI-brygga. förflyttas via PCI-E bussarna så är SLI-bryggan nödvändig för att kommunikationen mellan grafikprocessorerna ska fungera. SLI-bryggan tillåter kommunikation mellan grafikprocessorerna med en hastighet upp till 1 GB per sekund utan att det påverkar PCI-E bussarna. I figur

5.6 visas vad som händer om man kopplar bort SLI-bryggan medan SLI körs på datorn. Det är dock inte att rekommendera att man tar bort bryggan medan datorn är igång [19] [22] [25].



**Figur 5.6.** Vad som händer om man kopplar ur SLI-bryggan.

## 5.7 Hybrid SLI

Hybrid SLI är ett namn på två olika tekniker, GeForce Boost och HybridPower. GeForce Boost är en teknik som är menad att användas i billigare och så kallade ”nybörjar” datorer med integrerade grafikmoduler. Det är meningen att GeForce Boost, som namnet antyder, skall öka 3-D prestandan i dessa hårdvaru lösningar. Det är frågan om moderkort med integrerad grafikhardvara baserade på nVidia chipset som uppgraderas med ett ”riktigt” grafikkort. När grafikkortet är installerat kan man konfigurera det integrerade grafikkortet och det andra grafikkortet att jobba parallellt med varandra och på så vis öka prestandan. Detta

funkar dock inte på alla moderkort och inte heller med alla modeller av nVidias GeForce grafikkort.

Den andra delen HybridPower är däremot menat att implementeras i så kallade High-End system. Den här tekniken stänger av dina grafikkort när de inte används i krävande 3-D applikationer för att spara på strömförbrukningen. Och när detta implementeras används den integrerade grafikmodulen för att återge lättkörd grafik som till exempel textbehandlingsprogram. Tyvärr finns denna typ av Hybrid SLI till endast ett fåtal av GeForce grafikkorten [19] [22] [23] [25].

## 6. Hur fungerar CrossFire?

AMD/ATI's CrossFire är ett direkt svar på Nvidias SLI teknik. CrossFire har samma grundide, att koppla ihop två eller flera grafikprocessorer för att höja prestandan i 3D applikationer. CrossFire-tekniken har också sina rötter i 3dfx's SLI lösning med deras Voodoo 2 grafikkort från 1998. Men AMD/ATI har utvecklat tekniken och satt sin egen prägel på den [9] [12].

### 6.1 CrossFire

CrossFire använder PCI-Express bussar och deras protokoll, precis som nVidias SLI. Detta eftersom PCI-E bussar är en förutsättning för att kunna koppla ihop två eller flera grafikprocessorer. Än så länge finns det tre olika generationer av CrossFire: CrossFire, Native CrossFire och CrossFireX.

Den första generationen av CrossFire hade två huvudsakliga problem. Det första var att man behövde ett "master" grafikkort, kallat CrossFire Edition. Den här typen av grafikkort var annorlunda från de vanliga modellerna och inkluderade ett chipkort som kallades "compositing engine". När man väl hade till exempel ett Radeon X850 CrossFire Edition så kunde man koppla ihop det med ett vanligt Radeon X850 XT grafikkort. Det andra problemet var att man behövde en extern kabel för att koppla ihop de två grafikkorten. En sådan kabel



**Figur 6.1.** DMS-59 kabel för CrossFire.



kan ses i figur 6.1. Den här kabeln kopplades från DVI-utgången på "slave" kortet till en kontakt på "master" kortet som endera var en DMS-59 kontakt eller VHDCI (Very High Density Cable Interconnect) kontakt. Skillnaden mellan dessa kontakter kan ses i figur 6.2. DMS kontakten har samma fysiska storlek som en vanlig DVI kontakt men har betydligt mer pinnar. VHDCI kontakten är en kontakt som ursprungligen användes av en del SCSI anordningar på det så kallade "master" kortet. Den här typen av CrossFire ökade maximi resolutionen för grafiken till 2560x1600.



**Figur 6.2.** Till vänster en DMS-59 kontakt och till höger en VHDCI kontakt. [22]

Andra generationens CrossFire eller Native CrossFire som den heter löste de två problemen som första generationens CrossFire led av. Behovet av ett "master" kort avskaffades eftersom AMD/ATI byggde in det så kallade compositing engine chipet i alla grafikkort som stöder Native CrossFire. Man löste också kabelproblemet. Man behövde inte ha en extra kabel hängande utanför datorn mera. Det löste man på samma sätt som Nvidia har gjort, en direkt brygga mellan grafikkorten inne i datorn.. Figur 6.3 visar ett ATI Radeon HD 3870 ihopkopplat med ett ATI Radeon HD 3870 X2 med en CrossFire brygga.

Sist men inte minst har vi den tredje generationen av CrossFire kallad CrossFireX. Figur 6.3 visar också en del av utvecklingen som AMD/ATI gjort med CrossFireX. Man behöver inte ens två identiska grafikkort för att kunna dra nytta av CrossFireX tekniken.



**Figur 6.3.** Ett st Radeon HD 3870 och ett st Radeon HD 3870 X2 CrossFire kopplade. [14]

CrossFireX bygger vidare på Native CrossFire konceptet men tekniken har utvecklats så att man kan koppla ihop upp till fyra stycken grafikkort på AMD/ATI baserade moderkort. Bryggorna som används är identiska till dem som används i Native CrossFire. Men för att koppla ihop mera än två grafikkort behöver man komma ihåg att man behöver lika många PCI-E x16 bussar som man har grafikkort. Vilket gör att utbudet på moderkort minskar ordentligt.

Det bör nämnas att AMD/ATI har nyligen valt att börja kalla alla sina CrossFire lösningar för CrossFireX [7] [12] [20] [22].

## 6.2 Hybrid CrossFireX

Hybrid CrossFireX är motsvarande till Nvidias GeForce Boost teknik. Det vill säga att Hybrid CrossFireX riktar in sig på lågprissystem som är baserade på moderkort med integrerade grafikprocessorer. När man installerar ett "riktigt" grafikkort, som är kompatibelt med den här tekniken, så ställer systemet automatiskt in så att den integrerade grafikmodulen och grafikkortet jobbar parallellt i CrossFire läge för att öka prestandan i 3D applikationer. Här finns det dock ganska få alternativ när det gäller kompatibilitet mellan moderkortens chipsets och grafikkort som stöder tekniken. Så man bör undersöka ordentligt före man köper ett grafikkort i det här syftet [9].

## 6.3 CrossFire's bildåtergivningslägen

CrossFire har fyra olika tekniker som kan användas för grafikåtergivningen. Dessa fyra lägen är: AFR eller Alternate Frame Rendering, Scissor eller Split Frame Rendering, Supertile och Super AA. De tre förstnämnda prestandaorienterade och Super AA fokuserar på bildkvalitet. Alla dessa återgivningslägen har sina styrkor och svagheter. Valet av dessa bildåtergivningsalternativ sker automatiskt via AMD/ATI's drivrutiner, Catalyst Control Center (CCC). Det fungerar så att CCC avgör om 3-D applikationen passar en förinställd profil och väljer den mest optimala. Är CCC bortkopplat används scissor frame rendering eller supertile som standard [2] [11].

### 6.3.1 AFR, Alternate Frame Rendering

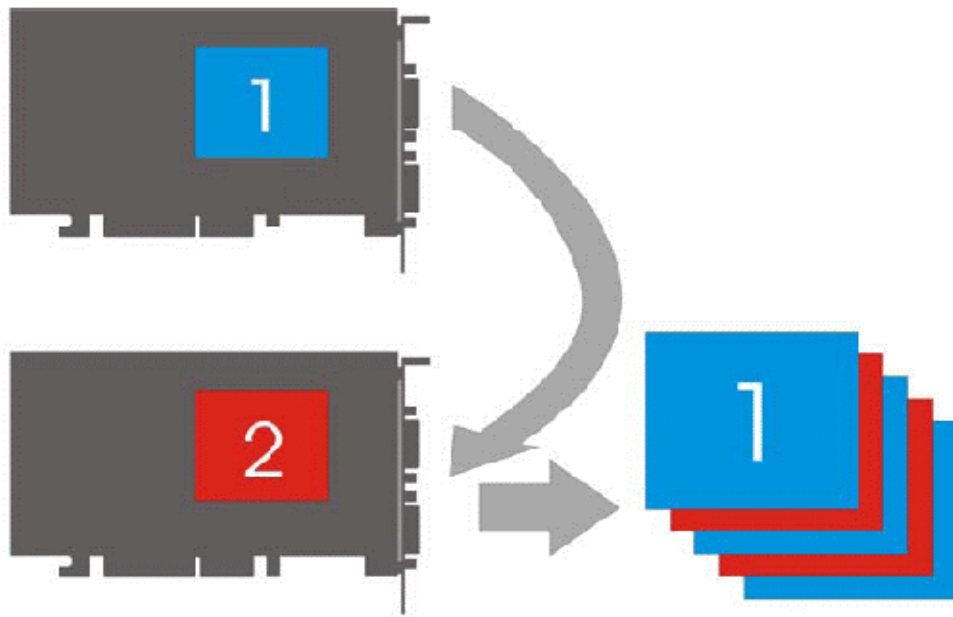
Alternate frame rendering fungerar som precis som namnet säger, direkt översättning: omväxlande bildrute återgivning (men jag håller mig till den

engelska termen). Grafikprocessorerna återger alltså varannan bildruta. Det vill säga grafikprocessor ett sköter om jämna bildrutor, grafikprocessor nummer två sköter om ojämna bildrutor. Figur 6.4 visar hur alternate frame rendering fungerar. Det betyder alltså att CPU:n förbereder hela bildrutor som skickas till GPU:n efter att drivrutinen har avgjort vilken GPU som står i tur att rendera bildrutan. Alltså blir all data som geometri, fragment data, off-screen resurser som renderings mål och övrigt skickat utan ändringar till grafikprocessorn.

Eftersom AFR fungerar ungefär som en standard grafikkortslösning med en grafikprocessor så används mycket buffring. När en GPU arbetar med att rendera en bildruta så blir nästa bildruta förberedd för den andra GPU:n av CPU:n och drivrutinen. Om datan är klar, även innan den aktiva GPU:n har renderat klart sin bildruta, så kan den andra GPU:n rendera sin bildruta och förbereda den för en buffer swap. Det betyder att den sekundära grafikprocessorn kopierar över en färdig bildruta till den primära grafikprocessorns buffert. Den här buffringen kan ske flera gånger per bildruta om CPU:n är tillräckligt snabb och det finns överflödigt processorkraft att använda. Här kan man då stöta på ett problem. Om det av någon orsak inte sker tillräckligt med buffring av användarens inmatning för interfoliering med renderingsprocessen kan det uppstå eftersläpningar i renderingsutmatningen. Det betyder extra latens. Saker som kan påverka negativt i sammanhanget är en långsam CPU, icke optimerade drivrutiner eller helt enkelt dålig programmering i applikationen som körs.

Enligt AMD/ATI erbjuder AFR den högsta prestandaökningen av de tre bildåtergivningslägena. Detta eftersom de andra två inte kan utnyttja vertex\* bearbetningen, som finns tillgänglig på båda grafikkorten, till fullo. Men AFR har en klar nackdel också. AFR fungerar inte i 3-D applikationer där bildrutorna är beroende av varandra. Bildrutorna är sammankopplade genom att använda samma grafikelement i flera efterföljande bildrutor. Problemet uppstår eftersom bildrutorna genereras som oberoende bildrutor av de två grafikprocessorerna, alltså bildrutorna sammankopplas inte. När det här problemet uppstår använder AMD/ATI sig av supertiling eller scissor frame rendering återgivningen [2] [11] .

\*Se ordlista.



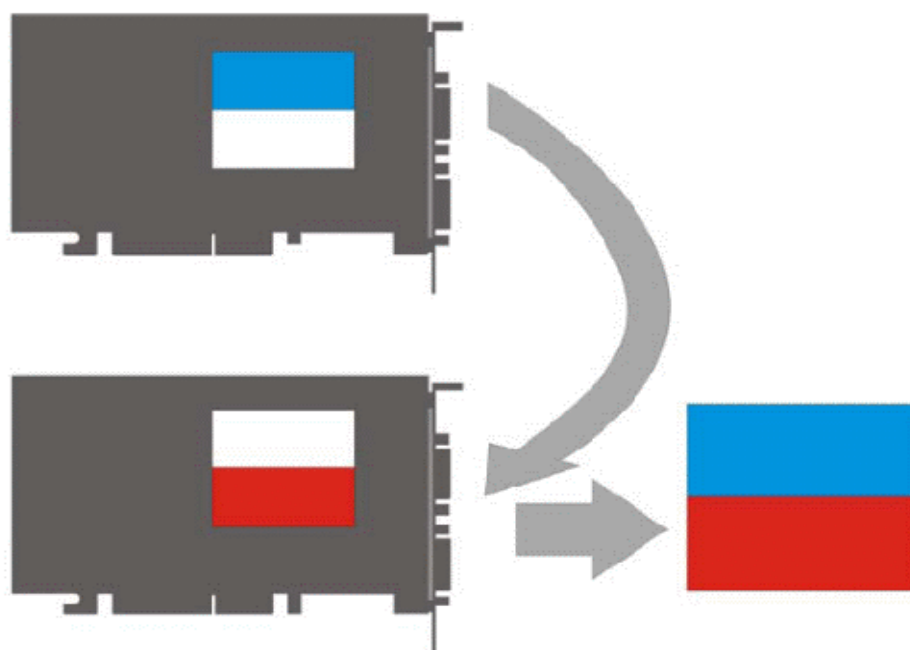
**Figur 6.4.** En illustration på hur alternate frame rendering fungerar. [12]

### 6.3.2 Scissor Frame Rendering eller Split Frame Rendering

Scissor frame rendering eller split frame rendering fungerar också som namnet antyder så att bilden klipps av i två delar. Där efter sköter grafikprocessorerna om varsin del av bildrutan. I figur 6.5 kan man se ett exempel på hur scissor frame rendering kan fungera.

Till skillnad från SLI så kan bilden klippas av horisontellt eller vertikalt i Crossfire lösningar. AMD/ATI's split frame rendering metod är inte heller dynamiskt balanserad som SLI är. Men bilden spjälks nödvändigtvis inte heller upp enligt devisen 50/50. Det kan lika gärna vara så att uppdelningen är 70/30. Uppdelningen av bildrutan är istället förbestämd i profilen för applikationen som finns med i drivrutinerna. Men det kan mycket väl vara så att det inte finns någon profil för 3-D applikationen. Då blir det till att använda någon av de andra bildåtergivningsalternativen eller att vänta på att det läggs till en profil i drivrutinerna. AMD/ATI uppdaterar sina drivrutiner varje månad så man behöver kanske inte vänta så länge.

En fördel med SFR är att man slipper extra latens. Detta eftersom grafikprocessorerna jobbar på samma bildruta samtidigt. Med latens menas den tid det tar från att användaren gör något som ska synas på skärmen tills det synligt syns på skärmen. Tack vare att båda grafikprocessorerna jobbar på samma bildruta så slipper man också problemet med sammankopplade bildrutor som kan uppstå i alternate frame rendering [2] [11].



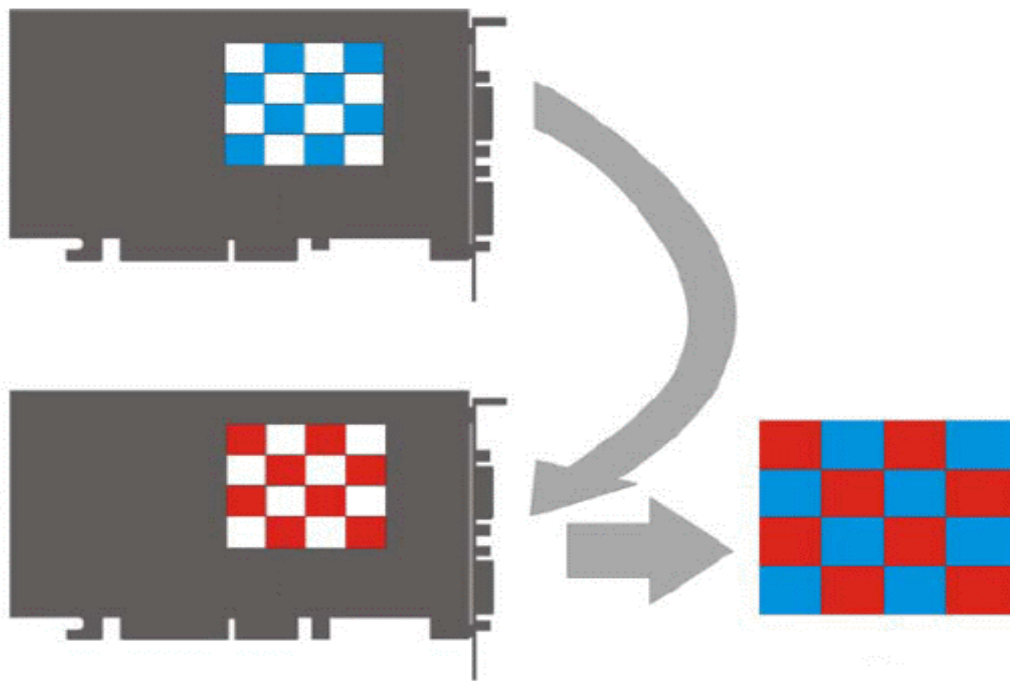
**Figur 6.5.** Scissor frame rendering eller split frame rendering. [12]

### 6.3.3 Supertile

Supertile bildåtergivningsalternativet är det kanske mest intressanta eftersom det är exklusivt för AMD/ATI's CrossFire-lösningar. Supertile fungerar så att bildrutan delas upp i små fyrkanter, som ett schackbräde. Dessa fyrkanter har måtten 32x32 pixlar. Dessa fyrkanter delas upp jämnt mellan grafikprocessorerna som börjar återgivningen av de samma. För att få en bättre bild av detta så finns supertiling illustrerat i figur 6.6.

Supertiling har den jämnaste uppdelningen av bildrutor sett till belastning av grafikprocessorerna. Det fungerar också för så gott som alla 3-D applikationer. Och eftersom supertiling har ett förinställt mönster på hur det ska fungera, oavsett vad som ska ritas upp på bildskärmen, så behövs det inte speciellt mycket mjukvara inblandat i processen.

Att båda grafikprocessorerna jobbar på samma bildruta får följden att vertex shader genomflödet blir relativt likadant som om man använde ett grafikkort istället för två. Detta eftersom båda grafikprocessorerna kräver samma geometriska data för att sätta samman bildrutan. Men pixel fyllnadshastigheten ökar eftersom bildrutan är uppdelad. Tack vare att båda grafikprocessorerna jobbar på samma bildruta så slipper man också problemet med sammankopplade bildrutor som kan uppstå i alternate frame rendering. Och precis som med scissor frame rendering så minskar risken för latens [2] [11].



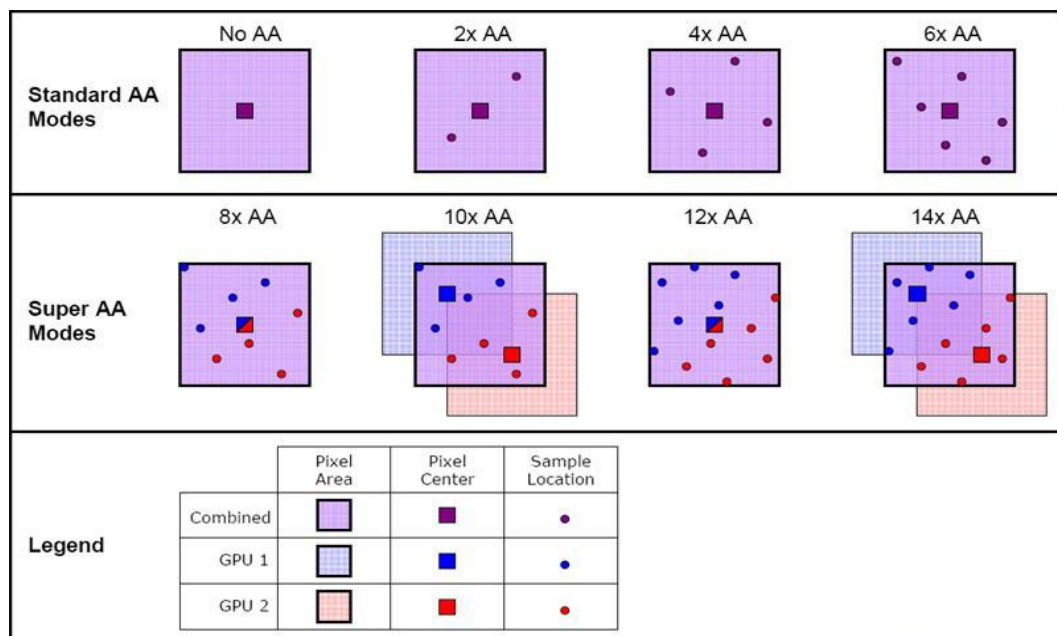
**Figur 6.6.** Hur supertiling fungerar. [12]

### 6.3.4 Super AA

Super AA eller Super Anti-Aliasing (kantutjämning) har tagits fram för att öka den visuella kvaliteten på grafiken. Precis som konkurrenten nVidia så kommer AMD/ATI's CrossFire upp till 32x anti-aliasing. Super AA kan användas på alla 3-D applikationer som körs med CrossFire. I alla fall i teorin, eftersom det inte fungerar med OpenGL\* applikationer.

Super AA använder sig av två olika tekniker för att öka kvaliteten, Multisampling och Supersampling. Super AA utnyttjar detta genom att kombinera både multisampling och supersampling. I figur 6.7 kan man se hur detta fungerar

AMD/ATI har också något som kallas för "narrow tent" och "wide tent" filter för sin Radeon HD serie av grafikkort. Det här filtret fungerar på så vis att det tar subpixel prover från angränsande pixlar och använder sedan ett övervägt medelsnitt för att blanda proverna till en slugiltig färg. Detta för att ge ett mer naturligt utseende med hjälp av kantutjämningen [2] [11] [12] [14].



**Figur 6.7.** Super antialiasing och dess tillvägagångssätt. [11]

\* Se ordlista.



## 7. Drivrutiner och gränssnitt

I detta kapitel kommer jag att gå igenom drivrutinerna och drivrutinernas gränssnitt. Jag förklarar vad drivrutinernas funktion och uppgift är. Också en liten guide genom drivrutinernas gränssnitt kommer jag att ge. Gränssnittet till drivrutinerna är viktigt för utan det så skulle inte många justera någonting.

### 7.1 Vad är en drivrutin?

En drivrutin är en del i en programvara som gör att operativsystem kan kommunicera med maskinvaruenheterna i datorn. Drivrutiner används av all hårdvara i datorn. Grafikkort, ljudkort, hårddiskiva, bildskärm och övriga komponenter behöver drivrutiner för att kommunicera med operativsystemet. Drivrutinen ska också se till att applicera alla ändringar och inställningar du gör i operativsystemet. Drivrutiner kommer alltid med när man köper till exempel ett grafikkort. Drivrutinerna finns också oftast tillgängliga online på leverantörens hemsida. Och när det gäller grafikkort och drivrutiner så går tekniken framåt snabbt så man borde uppdatera sina drivrutiner med jämna mellanrum. När man laddar ner drivrutiner kan det vara skäl att kolla upp om drivrutinen är signerad.



**Figur 7.1.** Varningsmeddelande för icke-signerad drivrutin i Windows XP.

En signerad drivrutin är en enhetsdrivrutin som innehåller en digital signatur. En digital signatur är ett elektroniskt säkerhetsmärke som anger programutgivaren samt om någon har ändrat det ursprungliga innehållet i drivrutinspaketet. Som exempel på vad som menas med signerad drivrutin använder jag mig av Microsofts WHQL Testing.

WHQL står för **Windows Hardware Quality Labs**. WHQL är en process i vilken Microsoft använder sig av en serie av tester för att avgöra om drivrutiner från utomstående leverantörer är kompatibla med Windows. Om Microsoft anser att drivrutiner fungerar bra tillsammans med Windows får de en digital certifierings signatur av Microsoft. Om en drivrutin har signerats av en utgivare som har verifierat identiteten med en certifikatutfärdare kan du vara säker på att drivrutinen verkligen kommer från utgivaren och att den inte har ändrats av någon. I figur 7.1 är varningsmeddelandet som Windows XP ger om man försöker installera en drivrutin som inte är digitalt signerad av Microsofts WHQL test [27].

## 7.2 nVidias drivrutiner

nVidias namn på sina drivrutiner för GeForce grafikkort är ForceWare. Den nuvarande versionen av drivrutinen är 191.07 och släpptes 05.10.2009.

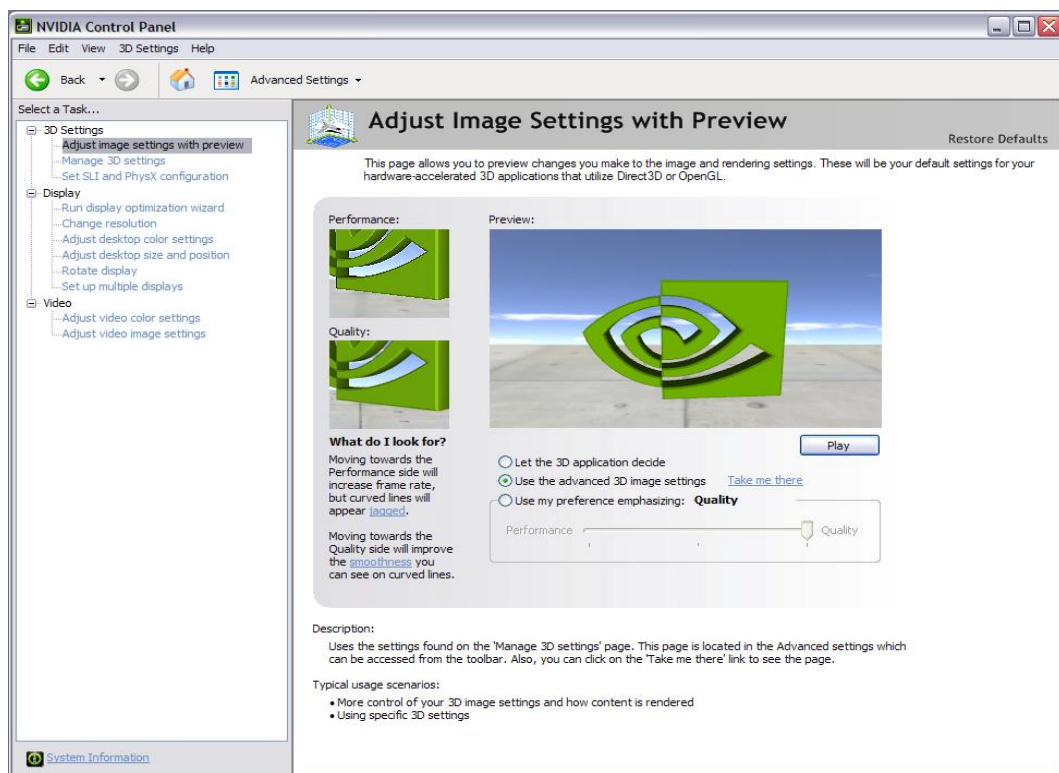
ForceWare 191.07 är också WHQL certifierad. Här är några exempel på vad drivrutinens nya uppgifter:

- Installerar PhysX system mjukvara version 9.09.0814.
- Stöder CUDA 2.3 för förbättrad prestanda i GPU dataapplikationer.
- Stöder singel grafikort och SLI teknologi inom DirectX 9, DirectX 10 och OpenGL och också inkluderar 3-vägs SLI, 4-vägs SLI och SLI stöd för Intels X58 baserade moderkort.
- Stöder NVIDIA PhysX acceleration på ett dedikerat grafikort. Använd ett grafikort för grafik och dedikera ett annat till PhysX processering.
- Stöder grafikprocessor överklockning och temperature övervakning.

Nvidia drivrutinerna ska se till att informationen mellan processor, grafikprocessor och bildskärm fungerar. Och i SLI att informationen mellan de två, tre eller fyra grafikprocessorerna flyter på som det ska [6].

### 7.2.1 nVidias gränssnitt

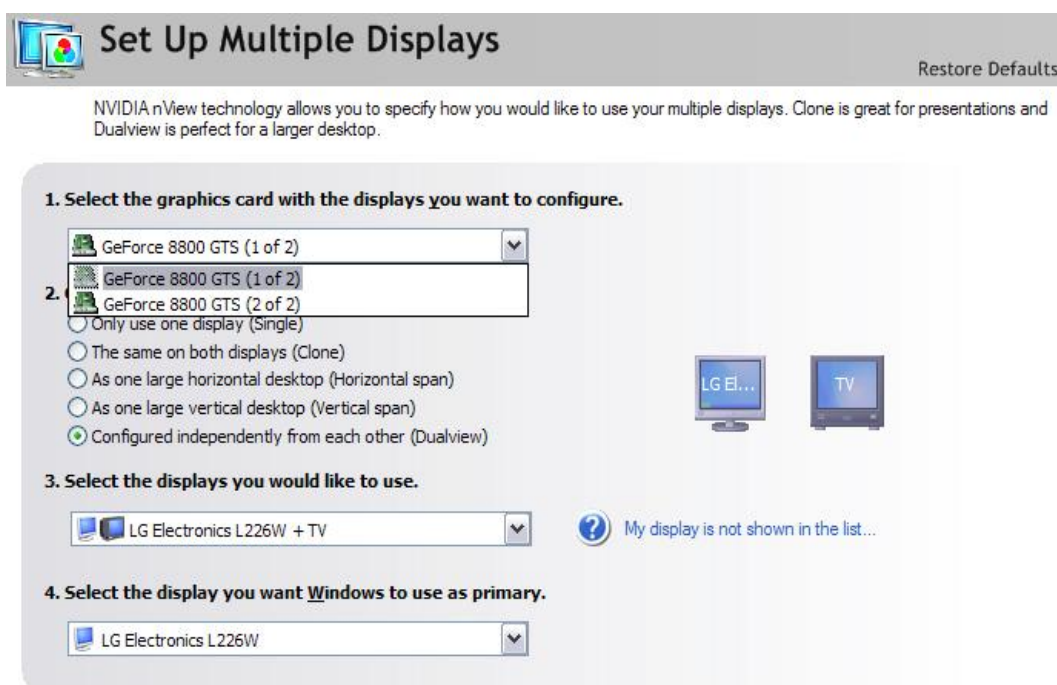
Gränssnittet till nVidias drivrutiner kallas kort och gott nVidia Control Panel (NCP). Från NCP kommer man åt att justera och ändra väldigt många parametrar som har med grafik och grafikkortet att göra. Dessa parametrar kommer jag att gå igenom i nästa kapitel. Här ska jag istället gå igenom de grundläggande inställningarna. Så här ser nVidias Control Panel ut:



**Figur 7.2.** nVidia Control Panel.

I NCP:s basläge justerar man normala saker som resolutionen på bildskärmen, skrivbordets färginställningar, video färginställningar etc etc. Men man hittar

också inställningsalternativ för skärmläge, det vill säga en bildskärm eller flera. Har man två bildskärmar eller en skärm och en tv så är det här man gör inställningarna. Man har de normala alternativen. Man kan välja att använda bara en skärm, single. Eller så kan man klonas, clone, sin primära skärm och då visas samma sak på den sekundära skärmen. Man kan använda horisontellt eller vertikalt sammankopplade skärmar dvs där den första skärmen slutar så börjar den andra. Och om man använder Dualview (passar bäst med en tv) så har man inkopplat två skärmar som man kan konfigurera separat. Här kan också välja hur man vill ha kopplat skärmarna om man använder SLI. Man till exempel ansluta en skärm till grafikkort 1 och en tv till grafikkort 2 som i exemplet nedan.



**Description:**

Dualview allows you to take advantage of multiple displays to increase your desktop size. It also gives you the ability to independently configure screen resolutions and backgrounds for each display.

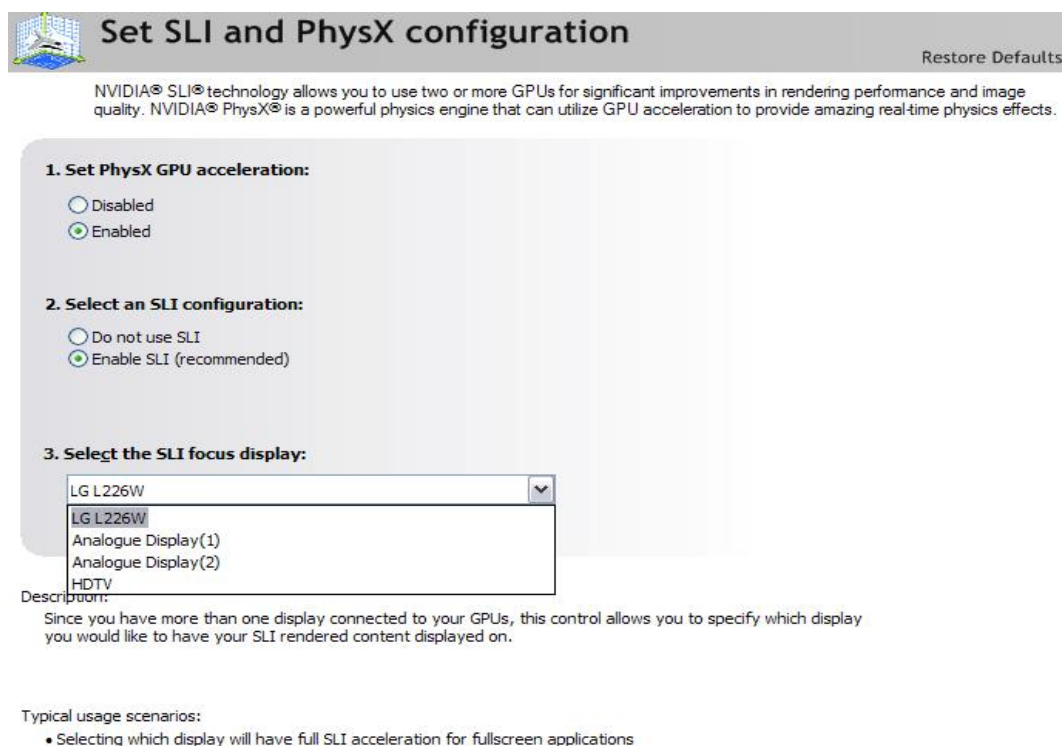
**Typical usage scenarios:**

- Multiple graphics card with displays connected to each of them

**Figur 7.3.** nVidia Control Panel bildskärmsinställningar.

Och självklart hittar man också SLI inställningar. Inställningar för SLI är inte många bara av och på och till vilken bildskärm bilden skall koncentreras. Detta eftersom SLI i sig inte ändrar grafikinställningarna endast hur hårdvaran arbetar.

Och på samma sida väljer man om man vill använda sig av PhysX eller inte. Dessa inställningar och alternativ är illustrerade i figur 7.4 [5].



**Figur 7.4.** SLI och PhysX inställningar.

### 7.3 AMD/ATI's drivrutiner

AMD/ATI's drivrutiner till Radeon grafikkort går under namnet Catalyst. Catalyst drivrutinerna är inne på version 9.10 som släpptes 22.10.2009. Catalyst drivrutinerna innehåller bland annat följande saker:

- Radeon™ bildskärms drivrutin 8.661
- HydraVision™ för Windows XP, Windows Vista and Windows 7
- WDM Drivrutinsinstallations förpackning
- Southbridge/IXP Drivrutiner
- Catalyst™ Control Center Version 8.661

Catalyst drivrutinerna ska se till att informationen mellan processor, grafikprocessor och bildskärm fungerar. Och i CrossFireX att informationen mellan de två, tre eller fyra grafikprocessorerna flyter på som det ska [1].

### 7.3.1 AMD/ATI's gränssnitt

Catalyst Control Center (CCC) är namnet på AMD/ATI's gränssnitt. I CCC kommer man åt de normala inställningarna. Och precis som i nVidias Control Panel så kommer man åt att justera och ändra väldigt många parametrar som har med grafik och grafikkortet att göra. Men jag koncentrerar mig här på de grundläggande inställningarna. I figur 7.5 ser man hur CCC ser ut. I figur 7.5 ser man också de tre grundinställnings alternativen: Displays Manager, 3D och Video. Detta kan ändras genom att välja views och välja advanced view istället för standard view. Då ser man alla inställningsmöjligheter.



**Figur 7.5.** AMD/ATI's Catalyst Control Center. [13]

Under fliken Displays Manager (figur 7.6) hittar man vilka bildskärmar som är kopplade till grafikkortet/korten. Vilken bildskärm som är vald till primär skärm (om man har mer än en bildskärm inkopplad). Man kan här också justera resolutionen, färgkvalitet, uppdateringsfrekvens och rotation på alla skärmarna. Om man har flera bildskärmar inkopplade är det också här man justerar hur man vill använda sina skärmar genom att välja Single, Clone, Extended med mera.

Under fliken 3D (figur 7.7) hittar man standard settings där man enkelt kan ställa in ett allmänt läge som grafikkortet jobbar enligt. Man väljer mellan performance eller quality. Med slidern dragen längst till höger mot quality så prioriteras kvalitet på grafiken som grafikkortet processar. Det gäller att hitta en lämplig inställning med så bra kvalitet på grafiken som möjligt utan att man upplever lag. Härifrån slipper man också in på mer avancerade inställningar som Anti-aliasing och Anisotropisk filtrering.

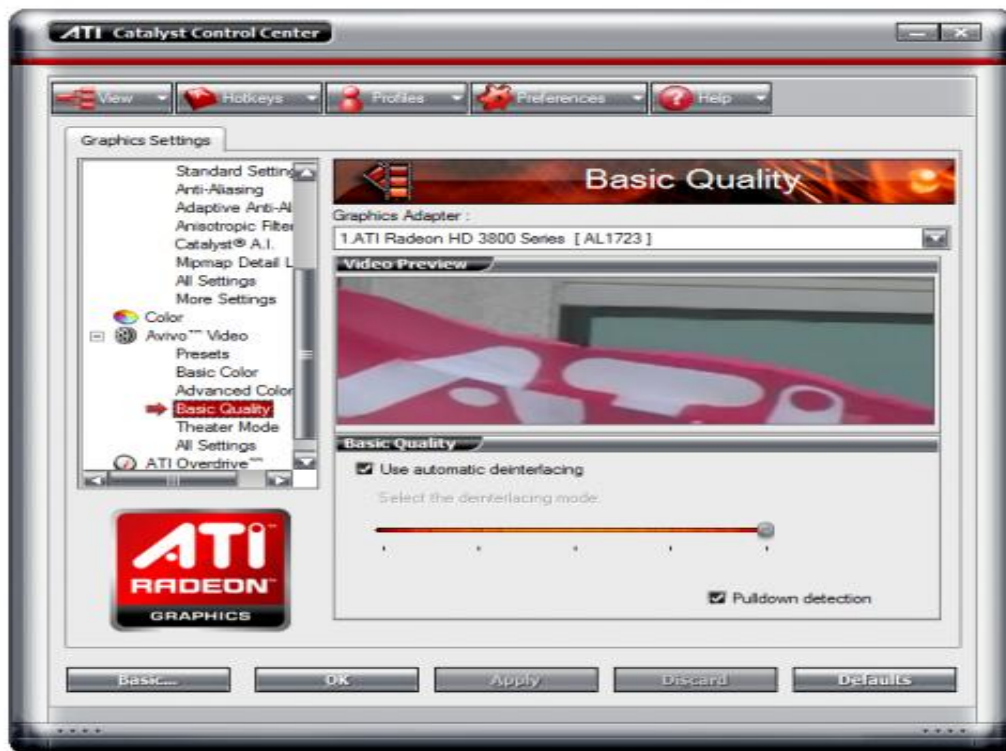
Och under video fliken hittar man följande alternativ: Presets, Basic Color, Advanced Color, Basic Quality och Theater Mode. De ses också i figur 7.8. Enklast är att använda de förinställningar som finns under presets men om man vill justera videoinställningar finns det under resten av flikarna [13].



**Figur 7.6.** Displays Manager, Catalyst Control Center. [13]



Figur 7.7. 3D inställningar i Catalyst Control Center. [13]

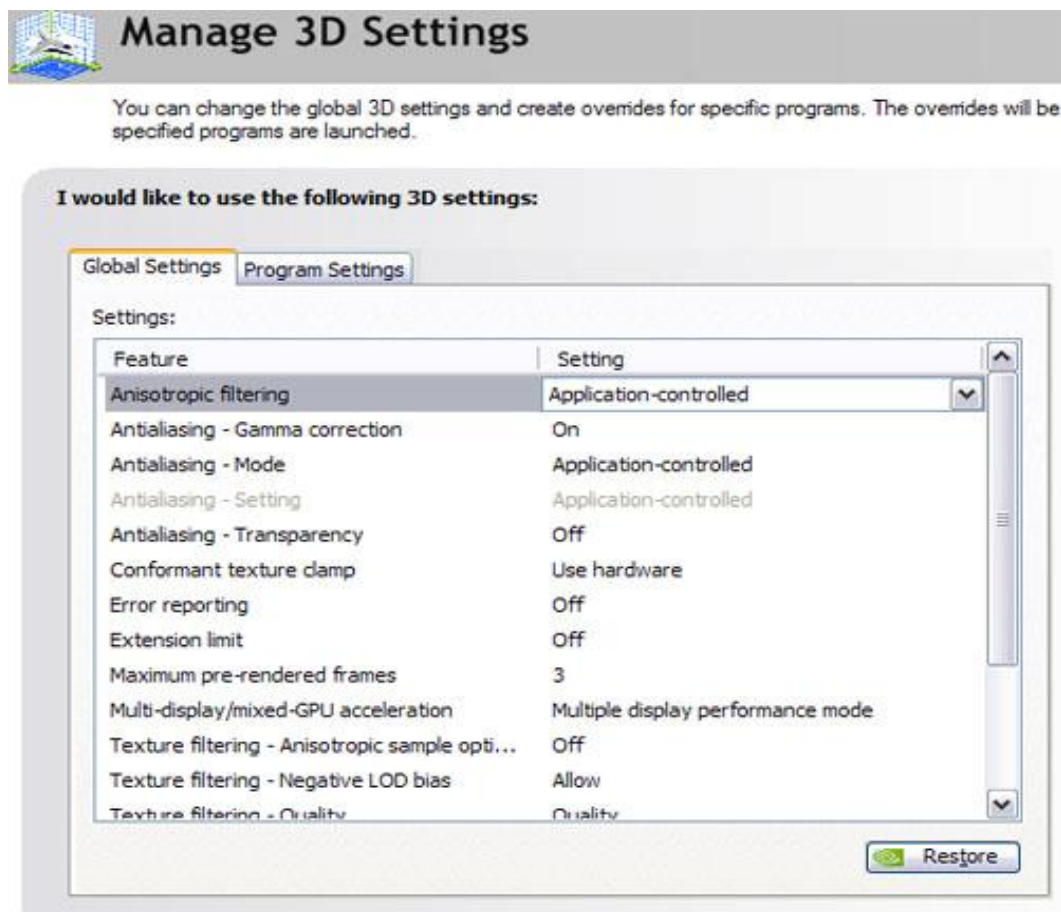


Figur 7.8. Video - Basic Quality i Catalyst Control Center. [13]



## 8. Genomgång och förklaring av justerbara parametrar

I det här avsnittet ska jag gå igenom och förklara vilka parametrar som går att justera och vad man egentligen justerar när man ändrar inställningarna. De viktigaste parametrarna är genomgångna mer i detalj.



**Figur 8.1.** Exempel på justerbara parametrar i nVidias drivrutiner.

### 8.1 Anisotropisk filtrering

Anisotropisk filtrering (AF) används för att behandla en specifik typ av konsistens artefakt som uppstår när en 3-D yta är sluttande i förhållande till kameran. För att förstå vad som menas med detta så behöver man förstå vad ordet i sig betyder.

Isotropisk beskriver när ett objekts vektorer har samma värde på dess olika axlar, som en fyrkant eller en kub. Anisotropisk filtrering används när filtreringsmönstret har olika värden på objektens olika axlar. Anisotropisk filtrering använder alltså en icke rektangulär filtrering.

Man har oftast fem eller sex alternativ för justering av AF:

**Inaktiverat:** AF är inaktiverad i samtliga program.

**Automatiskt:** AF är inaktiverad som standard men program kan aktivera den.

**2x Sampling:** AF med två samples per texel\* kommer att användas i de 3-D applikationer som körs på din dator.

**4x Sampling:** AF med fyra samples per texel kommer att användas i de 3-D applikationer som körs på din dator.

**8x Sampling:** AF med åtta samples per texel kommer att användas i de 3-D applikationer som körs på din dator.

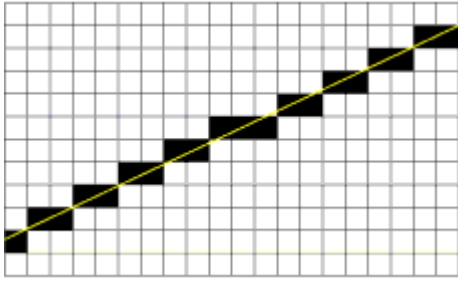
**16x Sampling:** AF med sexton samples per texel kommer att användas i de 3-D applikationer som körs på din dator.

16x sampling är det alternativ som ger bäst kvalitet i bilderna som du ser på skärmen men det är också det alternativ som kräver mest prestanda av din dator och framförallt av din grafiska hårdvara [24].

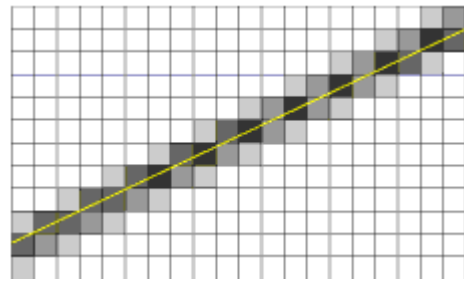
\* Se ordlista.

## 8.2 Antialiasing

Antialiasing (AA) eller kantutjämning påverkar grafiken precis som det svenska namnet tyder på. AA är en avancerad metod för att jämna ut kanter inom grafik. Genom att beräkna RGB-värdet på en pixel och sedan låta detta värde jämföras med omgivande pixlar kan ett medelvärde av samtliga pixlar ges. Detta används för att "jämna" ut pixlarna så att övergången mellan två närliggande pixlar ser mjukare ut [3].



**Figur 8.2** Linje utan antialiasing



**Figur 8.3** Linje med antialiasing

Man har oftast följande alternativ för att justera AA:

**Antialiasing – Gamma correction:** ON/OFF – Med Gamma correction på så får man bättre kvalitet på färgerna i grafiken [17].

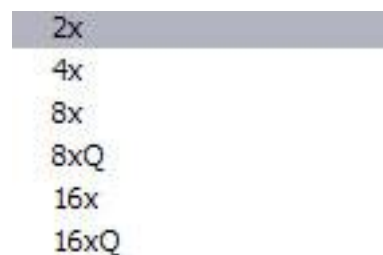
**Antialiasing – Mode:**

**Automatiskt** – Systemet använder 3D applikationens inställningar [17].

**OFF** – stänger av AA så att det inte används. Ökar prestanda [17].

**Enhance** – Med det här alternativet kan ”boosta” kantutjämningen i 3D applikationer. Här har man flera alternativ (figur 8.4). Dessa alternativ anger kantutjämningens samplingsfrekvens. Med andra ord, ju högre samplingsfrekvens ju bättre kvalitet på grafiken. Men med högre frekvens följer också högre krav på hårdvaran eftersom den ska klara mer uträkningar på samma tid [17].

**Override** – Kan användas om 3D applikationen inte har ett inbyggt stöd för AA dvs man tvingar grafikhårdvaran att använda AA utan stöd på software nivå. Här har man också samma alternativ angående samplingsfrekvens som med Enhance-alternativet [17].



**Figur 8.4.** Antialiasing alternativ.

### **Antialiasing – Transparency:**

**OFF** – Stänger av AA på genomskinliga texturer i grafiken. Och ökar därmed prestandan [10] [17].

**Multisampling** – Det här alternativet applicerar kantutjämning på polygoner. Är en polygon genomskinlig eller halv-genomskinlig och flätas samman med en icke genomskinlig polygon blir resultatet att kanten blir skarp. Med andra ord så appliceras inte kantutjämningen i dessa fall. Det positiva med Multisampling är att hårdvaran inte behöver kalkylera färger för varenda sampling utan använder samma färg till alla samplingar. Detta gör att prestandan ökar [10] [17].

**Supersampling** – Till skillnad från Multisampling räknar Supersampling ut alla färgvärden för alla samplingar även med genomskinliga och halv-genomskinliga polygoner. Detta resulterar i högre kvalitet på grafiken. Men på samma gång kräver det väldigt mycket av grafikhårdvaran [10] [17].

## 8.3 Texture Filtering

Texture filtering är en process som hanterar flera olika filtreringsprocesser på samma gång. Dessa är bilinjär filtrering (BF), trilinjär filtrering (TF) och anisotropisk filtrering. Här ska jag förklara lite vad bilinjär- och trilinjär filtrering innebär. Förklaringen på den anisotropiska filteringen har ett eget kapitel. Figur 8.6 ger en bild av skillnaderna mellan bilinjär filtrering, trilinjär filtrering och anisotropisk filtrering.

Bilinjär filtrering är en metod som används för att släta ut strukturer och jämna ut skarpa konturer i grafiken. Detta är bra att använda när en bild förstoras och man inte vill att det skall synas så tydligt. BF använder sig av en avancerad matematisk formel för att beräkna färgen på närliggande pixlar. Tanken är att färgen på en okänd pixel bör vara fördelad proportionellt mellan färgerna på intilliggande pixlar. Om en pixel ligger precis mittemellan två kända pixlar bör alltså färgvärdet på den okända pixeln vara halvvägs mellan värdet på de två kända pixlarna. Om

den okända pixeln ligger närmare den ena av de två pixlarna justeras färgvärdet så att det blir närmare dess värde.

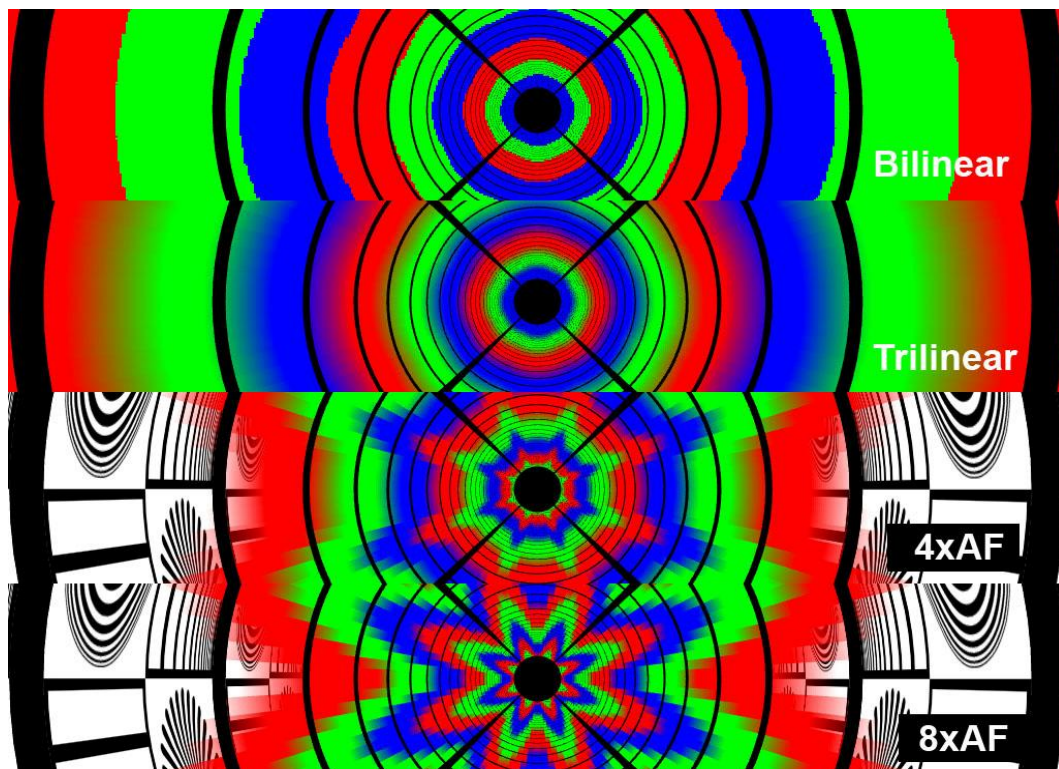
$$y_a = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{u_1 - u_0}(u - u_0)$$

$$y_b = y_2 + \frac{y_3 - y_2}{u_3 - u_2}(u - u_2)$$

$$y = y_a + \frac{y_b - y_a}{v_2 - v_0}(v - v_0)$$

**Figur 8.5.** Exempel på ekvationen bakom bilinjär filtrering.

Trilinjär filtrering är en fortsättning på den bilinjära filtreringen som också utför linjär interpolation mellan mipmaps (en förenklad version av ursprungsstrukturen). TF fungerar så att den interpolerar mellan BF:s resultat och de två mipmaps som ligger närmast pixeln som ska utjämnas. TF sätter också till en dimension i filtreringsprocessen. BF jämnar ut strukturer längs med X- och Y-axeln medan TF också fungerar i djupled [3] [4].



**Figur 8.6.** Skillnader mellan BF, TF och AF.

Inställnings alternativen för texture filterning är följande:

#### **Texture filterning – Anisotropic sample optimization**

Här har man två alternativ ON/OFF. Om man väljer alternativet ON så använder sig hårdvaran av förprogrammerade samplingsar som gör att kvaliteten på grafiken går ner men man vinner prestanda. Alternativet OFF ger istället bättre kvalitet [10] [17].

#### **Texture filterning – Trilinear optimization**

Det här är samma alternativ som ovan men det gäller TF [10] [17].

#### **Texture filterning – Negative LOD bias**

LOD står för Level Of Detail. Kan ge extra skärpa i vissa applikationer. Det här kan användas om man använder fasta bilder men om man har rörliga bilder och använder AF så bör denna vara ”clamped” dvs AF sköter filtrering [10] [17].

#### **Texture filterning – Quality**

Det här är helt enkelt ett flervals alternativ med fyra förinställda filteringsval. Beroende på vad man använder datorn till för tillfället så väljer man det som passar bäst in i sammanhanget. Alternativen är Quality, High Quality, Performance och High Performance [10] [17].

## 8.4 Övriga inställningar

Här går jag igenom övriga inställningsalternativ med en kort förklaring på vad man justerar.

#### **Conformant texture clamp**

Conformant texture clamp refererar till en metod som drivrutinerna använder för att avgöra strukturers gränser, men endast i OpenGL applikationer. Normalt sett används hårdvarans inställningar och det orsakar inga problem. Men ibland kan det orsaka problem, då rekommenderas att stänga av conformant texture clamp [10] [17].

### **Error reporting**

Detta alternativ gäller också endast OpenGL applikationer. Aktivera error reporting endast ifall problemsökning behövs [10] [17].

### **Extension limit**

Extension limit är avstängt som standard. Vissa applikationer, om problem uppstår, kan behöva ha extension limit aktiverat [10] [17].

### **Maximum pre-rendered frames**

Kontrollerar antalet bildrutor som processorn förbereder åt grafikprocessorn. Standard alternativet här är 3 bildrutor. Ett högre värde kan bidra till finare men hackigare grafik. Ett lägre värde kan hjälpa om man lider av mus eller tangentbordssläpningar. Man bör använda standardvärdet [10] [17].

### **Multi-display/mixed GPU acceleration**

Här har man tre alternativ: Single Display Performance Mode, Compatibility Performance Mode, and Multiple Display Performance Mode. Välj alternativ enligt eget tycke eller basera valet på om man har en eller flera bildskärmar [10] [17].

### **Threaded optimization**

Kontrollerar användandet av flertrådiga optimeringar för 3D applikationer för flerkärniga/hyperthread system. Inställningarna är ON, OFF och AUTO. Auto bör starkt rekommenderas här. Det betyder att drivrutinerna avgör bästa sättet att utnyttja processorn/processorerne med applikationer som körs [10] [17].

### **Triple buffering**

Grafikkort använder sig av så kallad double buffering. Detta betyder att första buffern innehåller en färdig bildruta som skickas till bildskärmen medan andra buffern färdigställer nästa bildruta. Sedan skickas bildrutan från andra buffern till bildskärmen medans första buffern färdigställer nästa. Om man aktiverar triple buffering så skapar grafikkortet en tredje buffert i VRAM minnet. Det kan verka vettigt med tre bufferts men det använder mycket VRAM, så om man inte har så stort VRAM minne så gör man nog klokt i att inte aktivera triple buffering [17].

## Vertical Sync

Vertical sync eller VSync synkroniserar grafikkort och monitor till monitorns uppdateringsfrekvens. Det här betyder att om monitorns frekvens är 60Hz så behöver grafikkortet skicka 60 bildrutor per sekund (frames per second, FPS) till monitorn. Med Vsync aktiverat ligger monitor och grafikkort på samma nivå men med Vsync av skickar grafikkortet så många bildrutor det hinner till monitorn. Om grafikkortet går på en frekvens av 120 FPS och monitorn har uppdateringsfrekvens på 60 Hz så kan det uppstå förskjutningar i grafiken. Grafikförskjutning är illustrerat i Figur 8.7 [10] [17].



**Figur 8.7.** Grafikförskjutning på grund av för hög fps jämfört med bildskärmens uppdateringsfrekvens.



## 9. Vad krävs för att använda de två lösningarna?

I det här kapitlet går utrustningen som behövs för att använda sig av SLI eller CrossFire igenom. Men som vanligt när det gäller datateknik är takten på utvecklingen väldigt snabb.

### 9.1 Utrustning för att använda SLI

För att använda SLI finns det några faktorer som är absolut nödvändiga. Först och främst bör man ha ett, två eller tre extra grafikkort beroende på vilken typ av SLI man väljer att använda. Det andra man bör ha till förfogande för att använda SLI är ett moderkort som är SLI certifierat. Det tredje som man bör tänka på vid införskaffning av ett SLI system är PSU:n\* eller strömkällan till datorn. Det finns också en del andra komponenter som till exempel RAM-minnen som kan behöva en uppgradering eller helt enkelt utökas för att få SLI systemet att gå som smort. nVidia har



dock gjort det relativt enkelt för personer som vill bygga ett SLI system genom att certifiera och förse olika produkter med en SLI-Ready logo. Denna logo garanterar att produkten är SLI kompatibel. Figur 9.1 är logon man ska titta efter då man bygger eller uppgraderar en befintligt dator till en SLI utrustad dator [18] [21] [23].

\* Se ordlista.

#### 9.1.1 Grafikkort

nVidia har ett brett utbud av grafikkort. När SLI tekniken var i sin barndom gällde det att kombinera rätt för att använda SLI. I dagens läge kan man kombinera många olika grafikkort i en SLI konfiguration. Man kan till exempel kombinera två grafikkort från två olika tillverkare med olika klockfrekvens. Men det rekommenderas att man använder två identiska grafikkort från samma tillverkare.

Det som absolut måste vara samma på grafikkorten är grafikprocessormodellen. Det betyder alltså att om man har ett GeForce 8800 GTS grafikkort så måste det andra grafikkortet också vara ur GeForce 8800 GTS serien. En lista på nVidias SLI certifierade grafikprocessormodeller finns i bilaga 1 [18] [23].

### 9.1.2 Moderkort

Moderkortet är det som i första hand avgör om man kan utnyttja SLI i sin dator. Eftersom det behövs två stycken PCI-E\* bussar (helst PCI-E x16 bussar) för att använda två grafikkort och tre stycken PCI-E bussar för tre grafikkort så måste dessa finnas tillgängliga på moderkortet. Så för att använda SLI bör man se till att man har ett "SLI-ready" eller SLI certifierat moderkort i sin dator. En lista på olika moderkortsmodeller finns i bilaga 2 [18] [23].

### 9.1.3 Strömkälla

Detta är en komponent som ofta glöms bort i dessa sammanhang. Men strömkällan är väldigt viktig i SLI system. Dels för att dagens grafikkort nästan uteslutande använder sig av en direktkoppling till strömkällan för att få tillräckligt med ström för att fungera och dels för att strömförbrukningen ökar ganska kraftigt när man använder sig av SLI.



Det första som man ska kontrollera med strömkällan är antalet PCI-E 6-pins kontakter. **Figur 9.2.** PCI-E 6-pins kontakt. Ett grafikkort behöver en PCI-E 6-pins kontakt för att fungera, vissa modeller har en 8-pins kontakt. Man måste alltså ha lika många PCI-E 6-pins kontakter, eller motsvarande, som man har grafikkort. Om man har

en strömkälla som inte är tillräckligt kraftig så kan man bara konstatera att man inte kan använda SLI i datorn. Det kan vara så att datorn startar och allt fungerar som det ska tills man startar en mer krävande applikation.

Då börjar grafikkorten jobba hårdare vilket i sin tur leder till att de använder mera ström. Och om man har en underdimensionerad strömkälla leder det till att den blir överbelastad och slår av för att skydda sig själv och övriga komponenter. Har man otur kan man bränna strömkällan. Så för att se till att detta inte händer bör man kontrollera hur mycket ström som ens datorsystem använder och hur mycket det kommer att använda med extra grafikkort inkopplade. Det gör man enklast genom att använda någon av de många "PSU calculation" hemsidorna som finns på internet. Då får man en bra riktlinje på hur kraftfull strömkälla man behöver.

Det finns också färdigt SLI certifierade strömkällor. Det kan vara en bra ide att använda sig av någon de hundratals SLI certifierade strömkällorna för att vara säker på att man får ett kompatibelt system.

För att se hur SLI påverkar ett datorsystem elförbrukningsmässigt hänvisar jag till testen i kapitel 11.4 [18] [23].

## 9.2 Utrustning för att använda CrossFire

CrossFire har liksom SLI en del krav på utrustningen för att det skall fungera. Det är också i CrossFires fall så att grafikkort, moderkort och strömkällan bör vara anpassat för tekniken. Om det vore några år bakåt i tiden så skulle det bara finnas några kombinationer av CrossFire (med master/slave konfigurationer) men med dagens CrossFireX så finns det många olika alternativ på vilka komponenter som är kompatibla med varandra.

AMD/ATI har också gjort saker och ting lättare för de som funderar på att börja använda sig av CrossFire, de har nämligen också en logo som CrossFire certifierade komponenter får. Den ses i figur 9.3. Komponenter som får bära

logon är sådana som har testats i CrossFire sammanhang av AMD/ATI. Och det är inte bara grafikkort, moderkort och strömkällor som AMD/ATI har testat. De har testat vilka datorlådor som är mest lämpade för

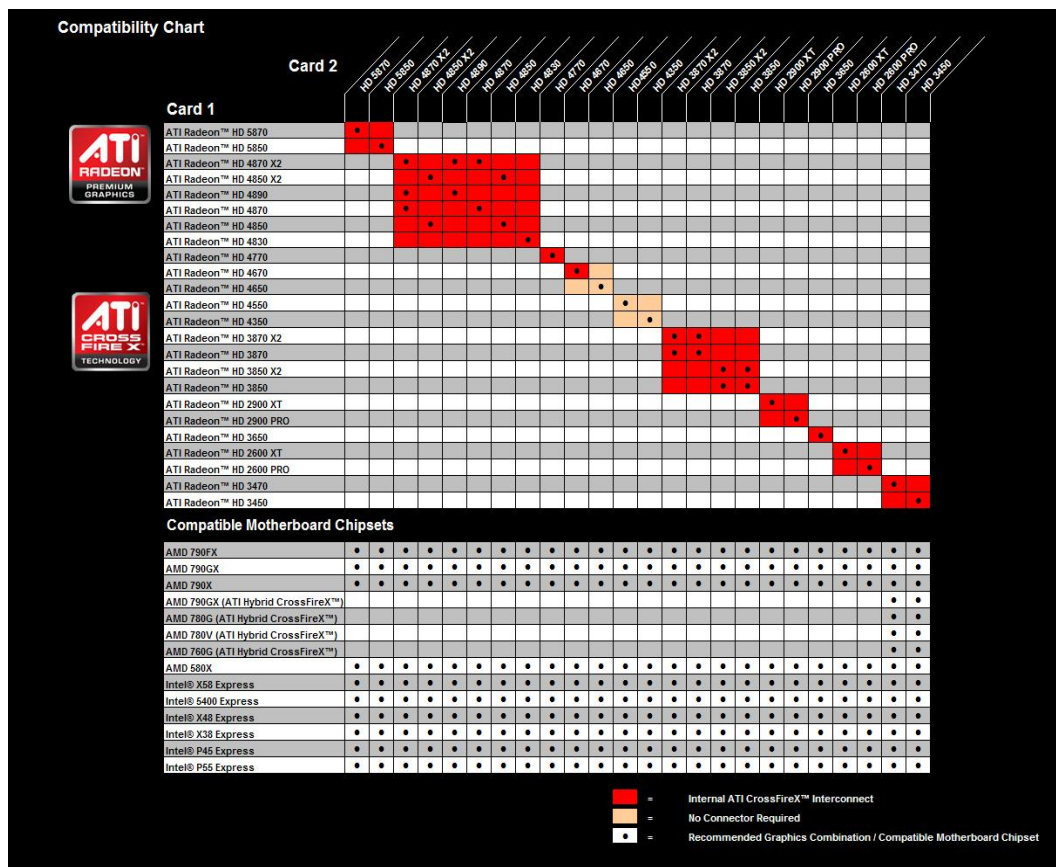


**Figur 9.3.** ATI CrossFire logo. [9]

CrossFire-lösningar, de har certifierade grafikkortskylflänsar och annat smått som man kanske inte alltid inser att det kan ha en inverkan på ett datorsystem [9].

### 9.2.1 Grafikkort

När det kommer till grafikkorten som kan kopplas ihop med varandra i CrossFire konfigurationer har man många val. Men här är det samma regler som med SLI, det gäller alltså att grafikkortsmodellerna är samma (ett Radeon HD 4650 kopplas ihop med ett Radeon HD 4650). Men AMD/ATI har ett par undantag från den regeln. Det är modellerna Radeon HD 5970 och HD 5870 som kan kopplas ihop samt Radeon HD 4870 X2 som kan kopplas HD 4890. AMD/ATI har också tagit fram en så kallad "Compability Chart" för enkel översikt över vilka grafikkort och vilka moderkort som är kompatibla med varandra. Också vilka kombinationer mellan grafikkort och moderkort som rekommenderas finns med i tabellen. AMD/ATI's CrossFireX compability chart kan ses i figur 9.4. En mer detaljerad lista över grafikkortsmodeller från olika tillverkare som är CrossFire kompatibla finns i bilaga 3 [9].



**Figur 9.4.** AMD/ATI CrossFireX compatibility chart. [9]

## 9.2.2 Moderkort

När man väljer komponenter till sin dator börjar man oftast med processor och moderkort. Vill man utnyttja AMD/ATI's CrossFire direkt när man köper datorn eller ha möjligheten att uppgradera i ett senare skede bör man se till att välja ett CrossFire certifierat moderkort. Sådana moderkort är utrustade med minst två stycken PCI-E x16 bussar som möjliggör senaste versionen av CrossFire. Lättast är som vanligt att vara uppmärksam på om produkten har logon som säger att moderkortet är CrossFire certifierat. CrossFire certifierade moderkort finns tillgängliga för AMD och Intel processor baserade system. En lista på alla CrossFire certifierade moderkort finns i bilaga 4 [9].

### 9.2.3 Strömkälla

Strömkällan, en dators mest bortglömda komponent. Strömkällan är som sagt viktig för både SLI- och CrossFiresystem. Eftersom strömförbrukningen går ordentligt upp med ett eller flera extra grafikkort så är det viktigt att stömkällan håller god kvalitet. Och så bör man se till att man har en tillräckligt kraftfull strömkälla. AMD/ATI har därför bestämt sig att testa strömkällor kommer ut på marknaden och de som klarar testen får AMD/ATI's certifieringslogo på förpackningen. Och eftersom det finns så otroligt många olika tillverkare och modeller av strömkällor så är mitt råd igen att se om strömkällan har fått certifieringslogon.

För att se hur CrossFire påverkar ett datorsystem elförbrukningsmässigt hänvisar jag till testet i kapitel 11.4 [9].

## 10. Vad är skillnaden mellan SLI och CrossFire?

Vad är det egentligen för skillnad mellan nVidias SLI och AMD/ATI's CrossFire, förutom det uppenbara att det är dagens båda stora grafikprocessor tillverkare som ligger bakom respektive teknik?

I början av SLI/CrossFire eran fanns flera ganska distinkta skillnader mellan teknikerna. Den första skillnaden hittar man i sättet som grafikkorten kopplas ihop. SLI använde sig redan från början av sin SLI-brygga för att koppla ihop sina Geforce grafikkort internt direkt på grafikkorten. SLI utnyttjade också PCI-E bussarnas protokoll betydligt effektivare vilket gjorde att man inte behövde någon speciell master-slave konfiguration för att utnyttja SLI. CrossFire däremot hade sin sammalänkning mellan grafikkorten externt med sin DMS-59 eller VHDCI-kabel (se figur 5.1). CrossFire använde också en master-slave konfiguration som betydde att man behövde ett speciellt grafikkort med benämningen "crossfire edition". CrossFire edition grafikkortet inkluderade ett chipkort som kallades "compositing engine". CrossFire hade också väldigt begränsat utbud i vilka grafikkort som kunde kopplas ihop. Men AMD/ATI har i sin tredje generation av CrossFire gått i samma spår som SLI när det gäller ihopkopplingen av grafikkorten. Man har alltså övergått till en intern sammankoppling via "bryggor". Skillnaden är att CrossFire använder en eller två stycken bryggor istället för en som SLI alltid har. Det beror på vilken version av CrossFire man använder. Men den nyaste versionen av CrossFire använder en brygga för en standard två-vägs CrossFire kombination.

Skillnad nummer två hittar vi i bildåtergivningslägena. Också här är de två teknikerna väldigt lika varandra men man kan hitta ett par skillnader. SLI och CrossFire har två gemensamma bildåtergivningslägen SFR eller split frame rendering och AFR eller alternate frame rendering. Även om de inte är identiska till utförande så är principen den samma. Både SLI och CrossFire har också ett antialiasing läge som fungerar på ganska liknande vis dock med olika namn på

funktionen. Skillnaden hittar man i CrossFires supertiling läge (figur 6.6). SLI har inget motsvarande återgivningsläge.

En tredje skillnad är förstås drivrutinerna och deras gränssnitt. Nvidias Forceware och AMD/ATI's Catalyst drivrutiner är självklart inte likadana. Och via AMD/ATI's Catalyst Control Center och nVidias nVidia Control Panel så kommer man åt att justera och välja olika saker. Antalet justerbara parametrar skiljer sig ganska mycket mellan de två drivrutinsgränssnitten.



## 11. Tester

I det här kapitlet undersöks prestandaskillnader mellan SLI och CrossFire, prestandaökningar jämfört med ett enkelt grafikkort och strömförbrukning på grafikkort.

### 11.1 Prestandajämförelsetest mellan ett nVidia GeForce grafikkort och samma grafikkort i en SLI konfiguration

I det här testet testas skillnaden mellan ett singel nVidia Geforce grafikkort jämfört samma grafikkort ihopkopplat i en två-vägs SLI konfiguration.

Testet går till så att man har ett datorsystem som används genom hela testen. Det enda som kommer att variera är grafikkorten och antalet grafikkort. Sedan har man ett mjukvaruprogram som är designat att köra olika 3D sekvenser och mäta olika parametrar under testets gång. Sedan beräknas en summa poäng som systemet får. I det här fallet används Futuremarks 3DMark06 och 3DMark Vantage. Man utnyttjar också erkänt ”tungdrivna” 3D spel. Med tungdrivna menas att de kräver mycket av systemet för att flyta på utan att hacka. Här räknas inga poäng utan man mäter helt enkelt fps eller frames per second (bildrutor per sekund).

Testet är hämtat från Techsweden.org, artikel XFX GTX280 XXX i SLI, 23.12.2008. [28]

(<http://www.techsweden.org/recension/JCOV-xfx-gtx280-xxx-i-sli/1/>)

Testsystemet består av följande komponenter:

CPU: Intel Q9550 Quad-Core CPU @ 3,8 GHz

Moderkort: XFX 790i Ultra

Minnen: Crucial Ballistix PC1440 DDR3 @ 1780 MHz (7-7-7-24)

PSU: Be-Quiet 650W

Kylning: Arctic Cooling Freezer

Mjukvara:

OS: Windows Vista

Drivrutiner: ForceWare 180.48

3D test: 3Dmark06 och 3Dmark Vantage

Spel 1: Crysis Warhead

Spel 2: Far Cry 2

Grafikkort som testades:

- nVidia GeForce GTX280 referenskort (602 MHz/1107 MHz)

- MSI GeForce N280GTX (700 MHz/1150 MHz)

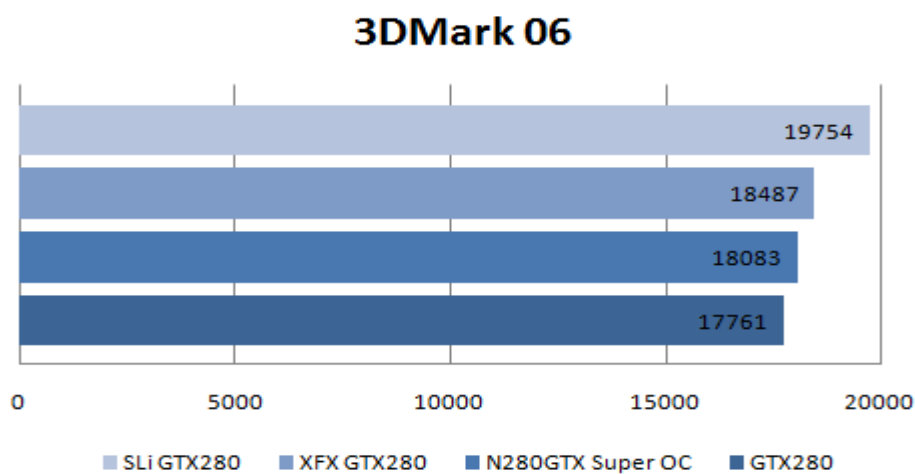
- XFX GeForce 280 GTX (670 MHz/1250 MHz)

Siffrorna inom parentes efter grafikortsnamnet anger klockfrekvensen på grafikprocessorn och minnesfrekvensen på minnena på grafikkortet.

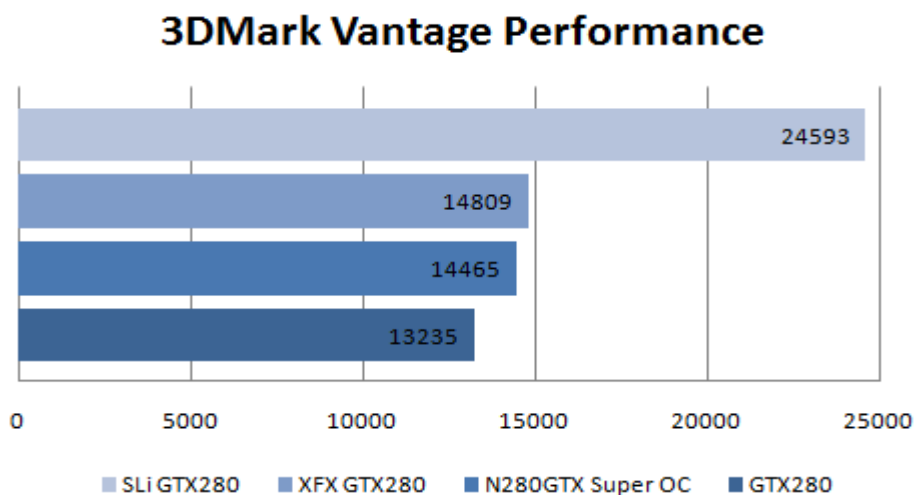
Referenskortet kommer från utvecklaren nVidia.

### 11.1.1 Deltest 1 – 3DMark06 och 3DMark Vantage

I den här delen av testet används Futuremarks 3DMark06 och 3DMark Vantage. I figurerna 11.1 och 11.2 ser man resultaten av testerna.



**Figur 11.1.** 3DMark06 med standard inställningar. [28]

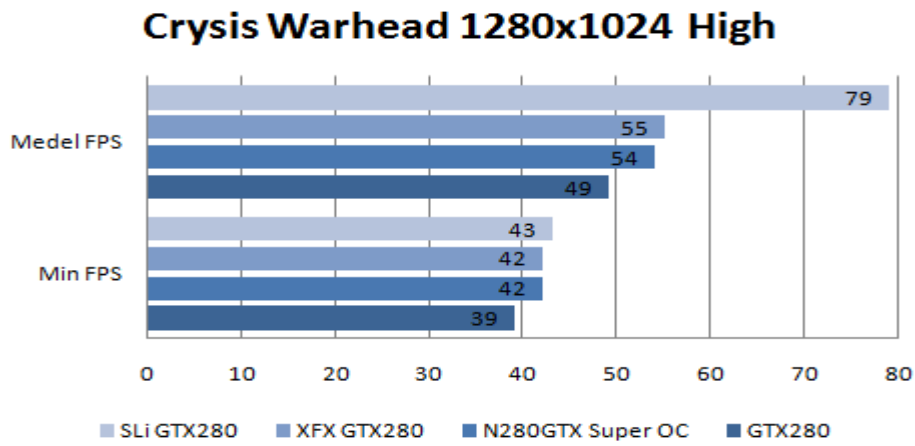


**Figur 11.2.** 3DMark Vantage med standard inställningar. [28]

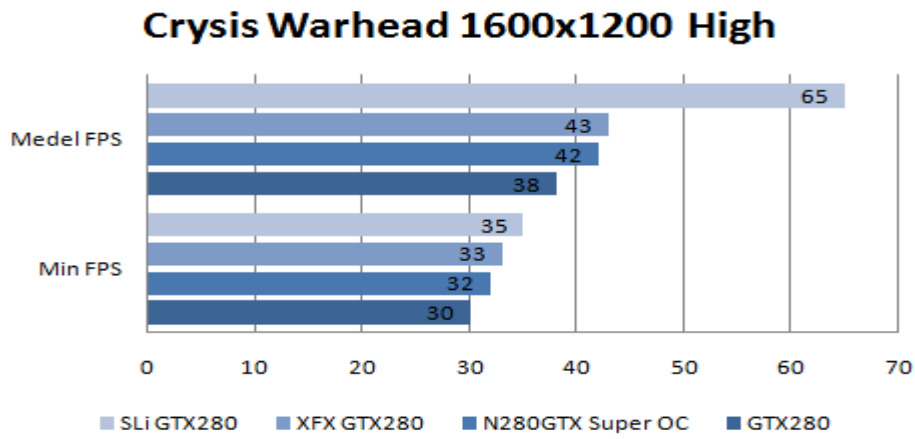
Här ser man en klar skillnad mellan 3DMark06 och 3DMark Vantage när det kommer till SLI konfigurationen. Det beror på att 3DMark06 är designat för att grafikprestandan med DirectX 9 och 3DMark Vantage testar det nyare DirectX 10. Så det råder inget tvivel om att en SLI konfiguration presterar mycket bättre med nyare mjukvara. Det är frågan om en ökning på hela 66% med en SLI konfiguration.

#### 11.1.2 Deltest 2 – Crysis Warhead

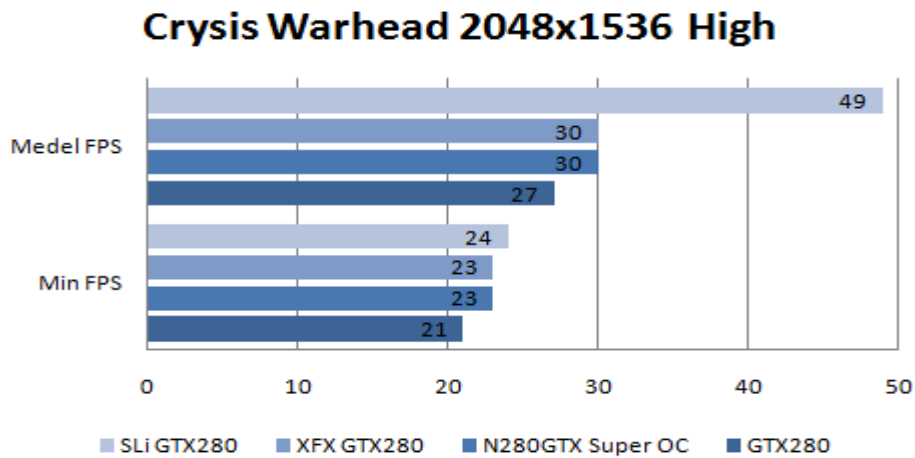
Även i det här testet används spelet Crysis för att det sätter väldiga krav på systemet som det körs på. I figurerna 11.3, 11.4 och 11.5 så ser man resultaten mätta i fps. Man har också valt att visa medel fps och minsta uppmätta fps under testets gång. Testet är gjort i med tre olika upplösningar: 1280x1024, 1600x1200 och 2048x1536.



**Figur 11.3.** Crysis Warhead med resolution 1280x1024. [28]



**Figur 11.4.** Crysis Warhead med resolution 1600x1200. [28]

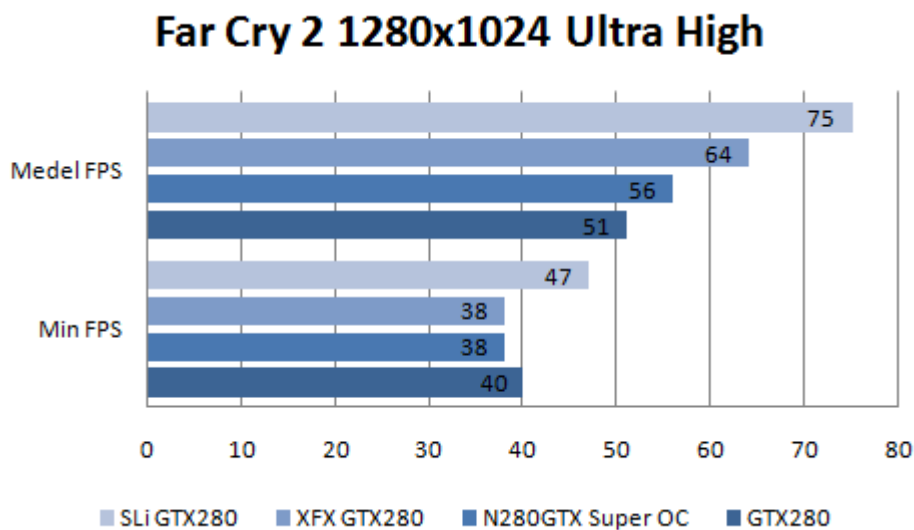


**Figur 11.5.** Crysis Warhead med resolution 2048x1536. [28]

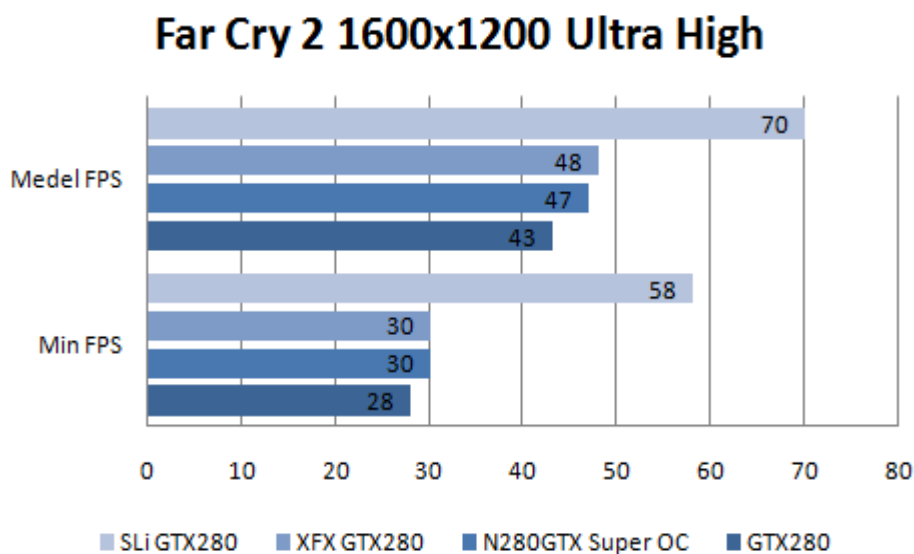
Återigen ser man en tydlig fördel för SLI konfigurationen. SLI lämpar sig utmärkt här och det ser man med ökning i fps. 43% ökning vid 1280x1024, 51% vid 1600x1200 och hela 63% när man körde i 2048x1536.

### 11.1.3 Deltest 3 – Far Cry 2

Far Cry 2 är också liksom Crysis ett krävande spel med stora möjligheter att justera grafiken till en sådan nivå att det flyter på bra eller, om man så vill, testa systemet. Far Cry 2 testades i samma upplösning som Crysis: 1280x1024, 1600x1200 och 2048x1536. Tyvärr så missade testaren med några inställningar på högsta upplösningen 2048x1536 att resultatet inte publicerats. Men i figur 11.6 och 11.7 ser man resultaten vid upplösningarna 1280x1024 och 1600x1200.



**Figur 11.6.** Far Cry 2 med resolution 1280x1024. [28]



**Figur 11.7.** Far Cry 2 med resolution 1600x1200. [28]

Vid den lägre upplösningen 1280x1024 flyter det på rätt bra med alla grafikkorts konfigurationer men vid 1600x1200 ser man att SLI konfigurationen än en gång seglar ifrån de ensamma grafikkorten. Enligt författaren av artikeln var prestandaökningen med SLI i 1600x1200 51% och i 2048x1536 blev det hela 63%

#### 11.1.4 Slutsats av testet

Det här är ett bra bevis på att det ligger en hel del extra prestanda att vinna med en SLI konfiguration. SLI presterar bra i alla delar av testet. Och med den takt som nya grafikkort kommer ut på marknaden så sjunker oftast priset på lite äldre grafikkortsmodeller ganska snabbt. Det gör att SLI ser ut som ett riktigt bra alternativ till att uppgradera med ett helt nytt grafikkort.

## 11.2 Prestandajämförelsetest mellan singel AMD/ATI Radeon grafikkort och samma grafikkort i en CrossFireX konfiguration

Här testas då hur stor skillnaden är mellan att ha ett, två, tre eller till och med fyra grafikprocessorer i ett dator system. Kommer man att se någon skillnad eller inte?

Testet går till så att man har ett datorsystem som används genom hela testen. Det enda som kommer att variera är grafikkorten och antalet grafikkort. Sedan har man ett mjukvaruprogram som är designat att köra olika 3D sekvenser och mäta olika parametrar under testets gång. Sedan beräknas en summa poäng som systemet får. I det här fallet används Futuremarks 3DMark06. Man utnyttjar också erkänt "tungdrivna" 3D spel. Med tungdrivna menas att de kräver mycket av systemet för att flyta på utan att hacka. Här räknas inga poäng utan man mäter helt enkelt fps eller frames per second (bildrutor per sekund).

Testet är hämtat från Sweclockers.com, artikel AMD CrossFire X, 18.04.2008. [8] ([http://www.sweclockers.com/articles\\_show.php?id=6053&page=1](http://www.sweclockers.com/articles_show.php?id=6053&page=1))

Testsystemet ser ut på följande vis:

CPU: Intel Q6600 Quad-Core CPU @ 3 GHz  
Moderkort: ASUS Maximus Formula X38  
Minnen: Corsair XMS2 2048MB DDR2 XMS2-6400 800MHz (4-4-4-12)  
PSU: Thermaltake Toughpower W0132 1000W  
Hårddskiva: Två stycken Seagate 320GB SATA II Barracuda ES  
DVD/Bluray: Xbox360 HD-DVD USB  
Pioneer BDR-202 Blu-Ray  
Mjukvara:  
OS: Vista Home Premium med alla senaste patchar  
Drivrutiner: Catalyst 8.3, "Catalyst AI" satt till "Advanced"  
3D test: 3DMark06 1.1.0  
Spel 1: World in Conflict  
Spel 2: Crysis v1.2

Grafikkort som testades:

- Hightech/HIS Radeon HD3870X2 (825 MHz/1800 MHz)
- AMD Radeon HD3870X2 referenskort (825 MHz/1800 MHz)
- Hightech/HIS Radeon HD3870 IceQ3 Turbo (850 MHz/2380 MHz)
- AMD Radeon HD3870 referenskort (775 MHz/2252 MHz)
- Hightech/HIS Radeon HD3850 IceQ3 Turbo (735 MHz/1960 MHz)

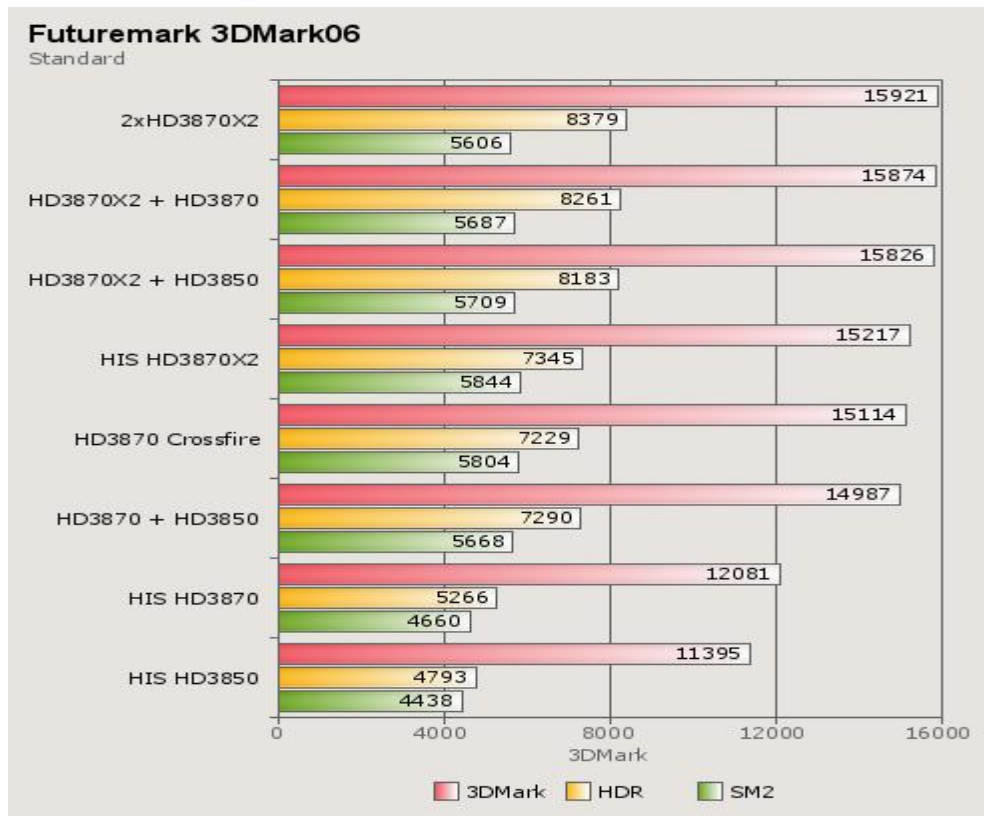
Siffrorna inom parentes efter grafikkortsnamnet anger klockfrekvensen på grafikprocessorn och minnesfrekvensen på minnena på grafikkortet. Nämnas bör också att Radeon HD3870X2 korten innehåller två stycken grafikprocessorer. Referenskortet kommer från utvecklaren AMD/ATI.

### 11.2.1 Deltest 1 – 3DMark06

I första delen av testen körs 3DMark06 med standard inställningar (resolution på bildskärmen 1280x1024).

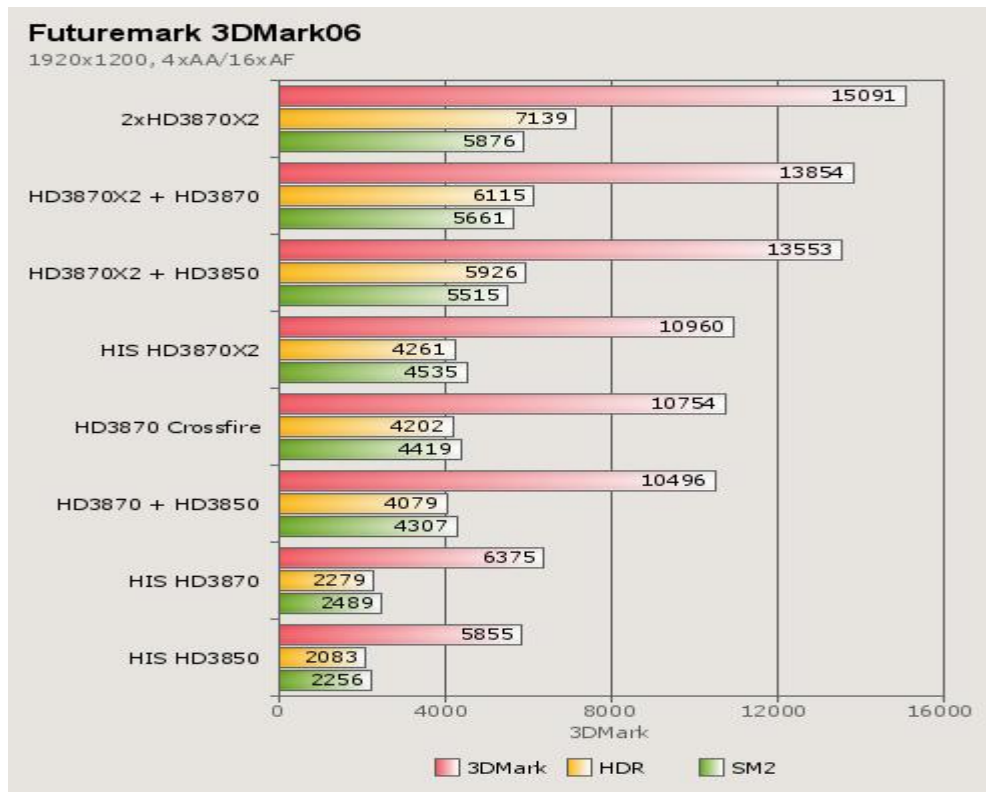
Här under i figur 11.8 ser man resultaten från 3DMark06 med olika grafikkortskonfigurationer. Högst upp i listan ser vi att en CrossFire-konfiguration med fyra stycken grafikprocessorer ligger med sina 15921 poäng. Sedan kommer två konfigurationer med tre stycken grafikprocessorer. Vad man ser direkt är i alla fall att CrossFire ligger en bra bit före de konfigurationer med endast ett grafikkort med undantag för HIS HD3870X2 som innehåller dubbla grafikprocessorer. Man kan kalla det HD3870X2 för något av en svart häst i testet eftersom det är en typ av CrossFire men inbyggt i ett och samma grafikkort.





**Figur 11.8.** 3Dmark06 med standard inställningar. [8]

I nästa fas justeras grafikinställningarna uppåt för att öka påfrestningarna på systemet. Resolutionen ökas till 1920x1200 pixlar, 4x anti-aliasing och 16x anisotropisk filtrering används också. Här ser man att singelkortet tappar ordentligt i poäng. Poängen sjunker med nästan hälften. I topp hittar man fortfarande CrossFire-konfigurationen med två stycken Radeon HD3870X2. Och poängen är nästan oförändrad vilket tyder på att det finns mycket grafikkraft att ta av i den här konfigurationen.

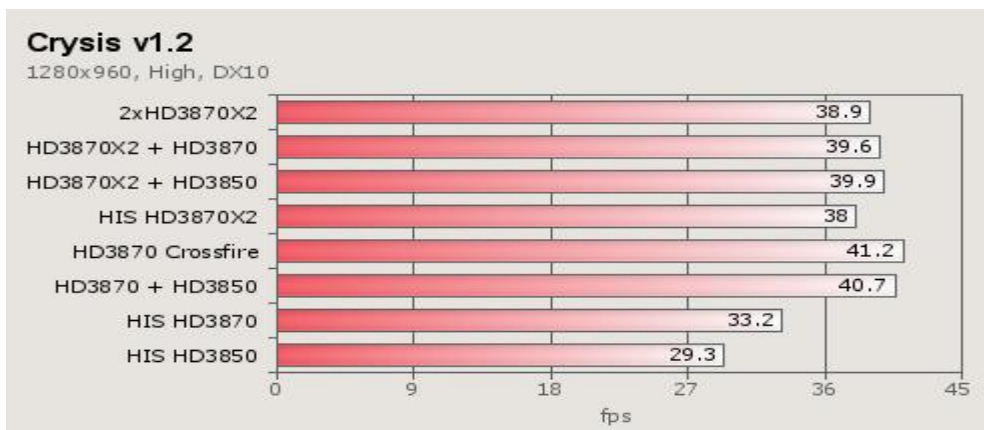


**Figur 11.9.** 3Dmark06 med höga inställningar. [8]

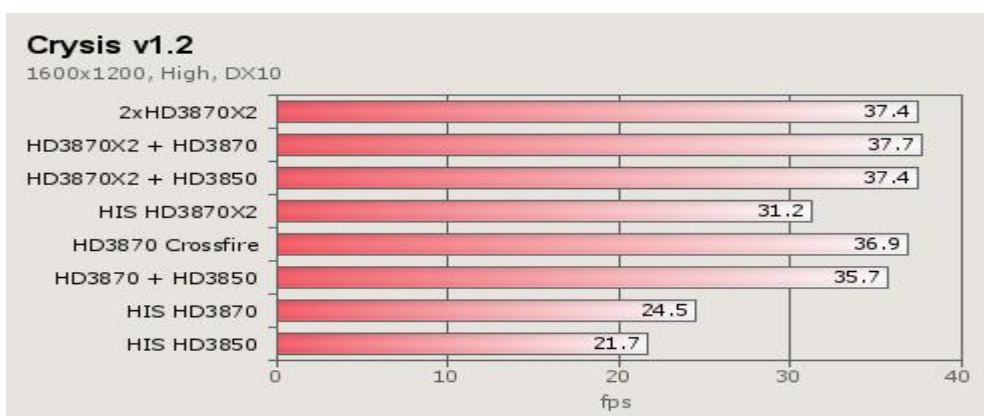
### 11.2.2 Deltest 2 – Crysis

I den här delen av testet används samma grafikortskonfigurationer men nu är det spelet Crysis som står för grafikbelastningen. Få spel har på ett bräde höjt kraven på hårdvaran så mycket som Crysis. Troligtvis är det ytterst få som ännu kunnat avnjuta spelet i högsta kvalitet ännu.

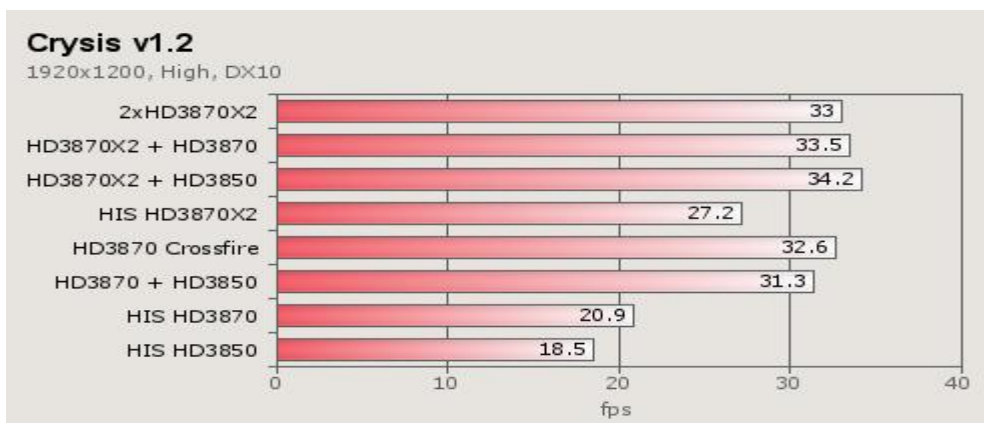
Här är resultaten från Crysis, grafikinställningarna är höga det är resolutionen som ökas. Först har vi resolutionen 1280x960 sedan 1600x1200 och till sist 1920x1200. Och resultaten mäts i fps.



**Figur 11.10.** Crysis resultat med 1280x960 resolution. [8]



**Figur 11.11.** Crysis resultat med 1600x1200 resolution. [8]

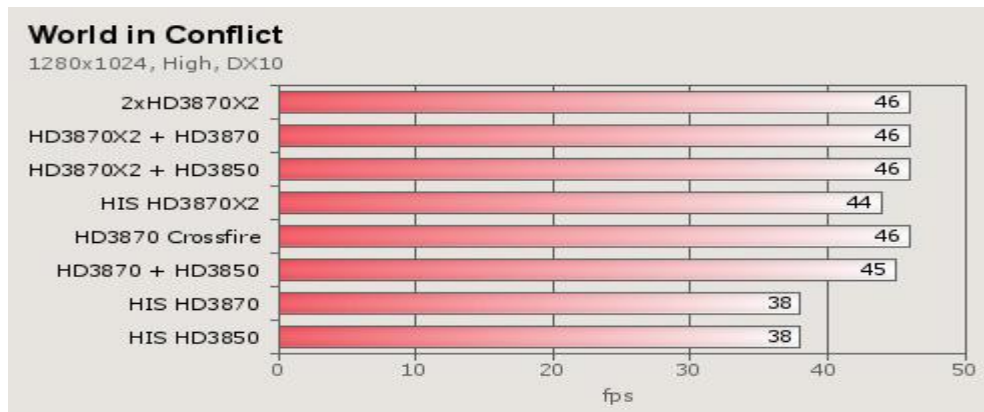


**Figur 11.12.** Crysis resultat med 1920x1200 resolution. [8]

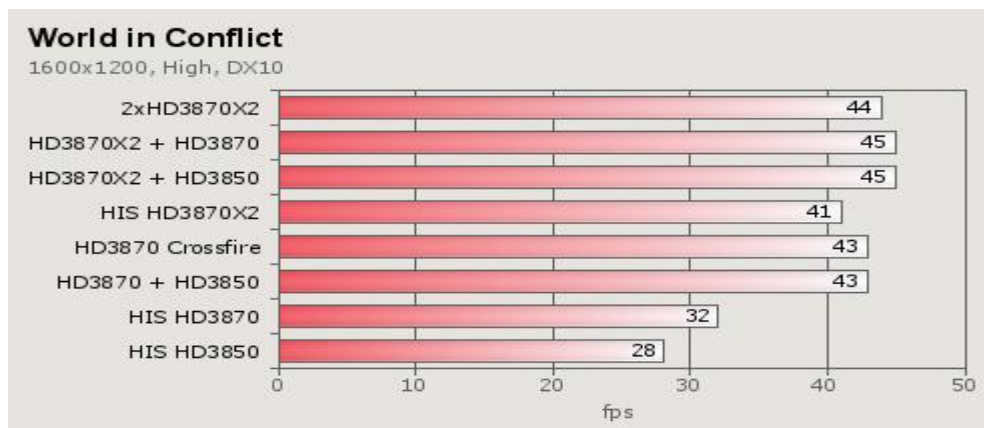
Igen ser vi största ökningen i prestanda när man går från en grafikprocessor till två. Skillnaden från två grafikprocessorer till tre och fyra grafikprocessorer är minimal.

### 11.2.3 Deltest 3 – World in Conflict

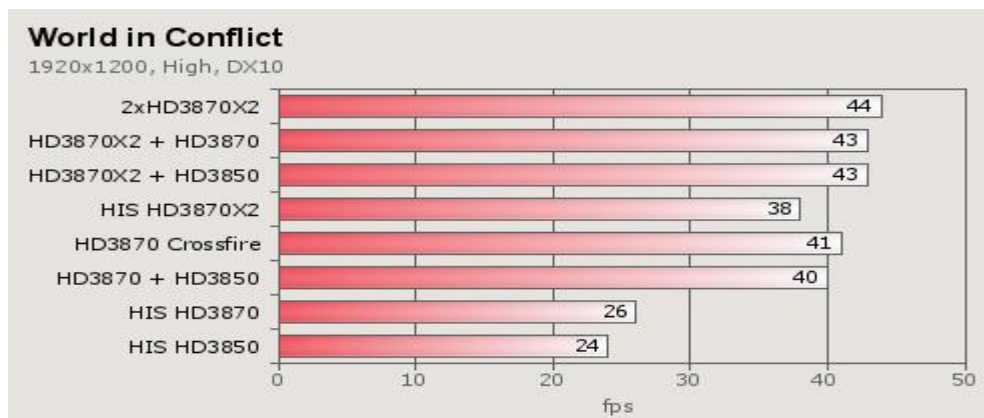
Deltest 3 är utfört på samma sätt som deltest 2. Skillnaden är att nu är det spelet World in Conflict som står för grafikbelastningen.



**Figur 11.13.** World in Conflict resultat med 1280x960 resolution. [8]



**Figur 11.14.** World in Conflict resultat med 1600x1200 resolution. [8]



**Figur 11.15.** World in Conflict resultat med 1920x1200 resolution. [8]

Återigen ser man tydligt skillnaden mellan att ha en eller två grafikprocessorer i sitt datorsystem. Det är bara i den lägsta resolutionen som resultaten är någolunda jämna men direkt man ökar grafikbelastningen så börjar de konventionella singel grafikkortssystemen halka efter.

#### 11.2.4 Slutsats av testet

Om man enbart tittar till prestanda så finns det en klar vinnare, CrossFireX-konfigurationen med två stycken Radeon HD3870X2. Men så har den kombinationen också fyra grafikprocessorer. Prestandamässigt ser det just nu ut som en optimal kombination ligger runt två eller tre grafikprocessorer. Att lägga till en fjärde kostar mycket mer än det smakar. Men det som intresserar mest är skillnaden mellan en grafikprocessor och två grafikprocessorer. Det betyder alltså att för en relativt liten kostnad kan man uppgradera ett AMD/ATI datorsystem genom att utnyttja CrossFireX tekniken.

### 11.3 Prestandajämförelsetest mellan SLI och CrossFireX

Här ställs nVidias SLI mot AMD/ATI's CrossFireX. Tillvägagångssättet är det samma som det har varit i de två första testerna. Det vill säga man testar hur systemet presterar med hjälp av ett 3D test program, i det här fallet är det 3DMark Vantage. Men man använder sig också av 3D spel i form av det nu välkända Crysis Warhead. Och det andra spelet som får agera som benchmarkingtest är Far Cry 2.

Testet är hämtat från Sweclockers.com, artikel Världens snabbaste grafikkort, 16.02.2009. [26]

([http://www.sweclockers.com/artikel/6155-varldens\\_snabbaste\\_grafikkort](http://www.sweclockers.com/artikel/6155-varldens_snabbaste_grafikkort))

Testsystemet i detta test består av följande komponenter:

CPU: Intel Core i7 920 @ 3,6 GHz (200 × 18)

Moderkort: Asus P6T6 WS Revolution  
Minnen: 6 GB DDR3 Corsair Dominator PC12800 (1600 MHz 8-8-8-24)  
Hårddiskiva: Seagate Barracuda 7200.10 500 GB SATA  
PSU: Cooler Master Real Power 1000W  
Bildskärm: NEC Multisync 3090WQXi

#### Mjukvara:

OS: Windows Vista Ultimate 64-bit SP1  
Drivrutiner: Nvidia ForceWare 181.22 och AMD/ATI Catalyst 8.12 Hotfix  
3D test: 3DMark Vantage  
Spel 1: Crysis Warhead  
Spel 2: Far Cry 2

#### Grafikkort som ska testas:

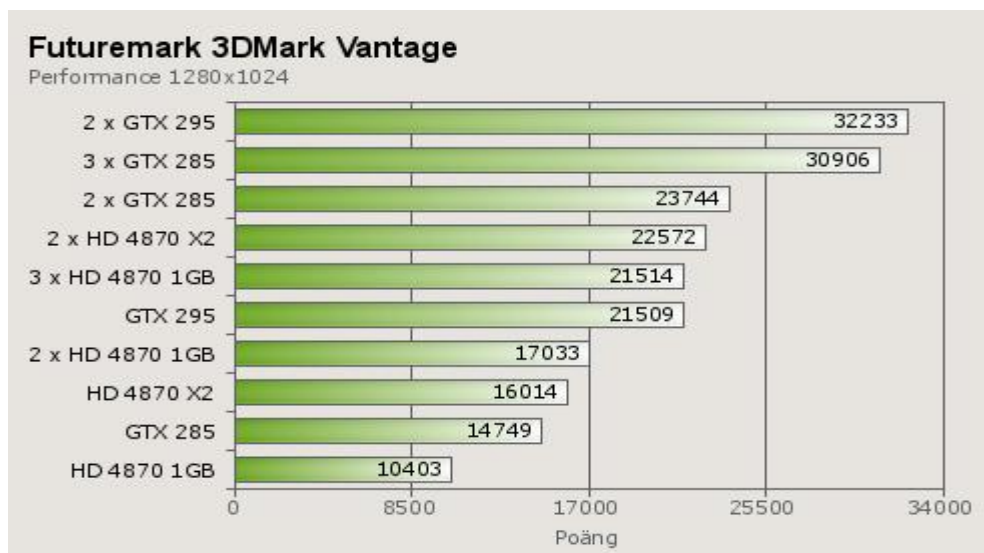
- MSI N295GTX Geforce GTX 295 1 792 MB
- Asus ENGTX295 Geforce GTX 295 1 792 MB
- 2 st. PNY Geforce GTX 285 1 GB
- Asus ENGTX285 Ultimate Edition Geforce GTX 285 1 GB
- 2 st. Asus EAH4870X2 Radeon HD 4870X2 2 GB
- 3 st. XFX Radeon HD 4870 XXX 1GB

Anmärkas inför testet är att Geforce GTX 295 och Radeon HD 4870X2 grafikkorten båda består av två stycken grafikprocessorer. Medans Geforce GTX 285 och Radeon HD 4870 har en grafikprocessor.

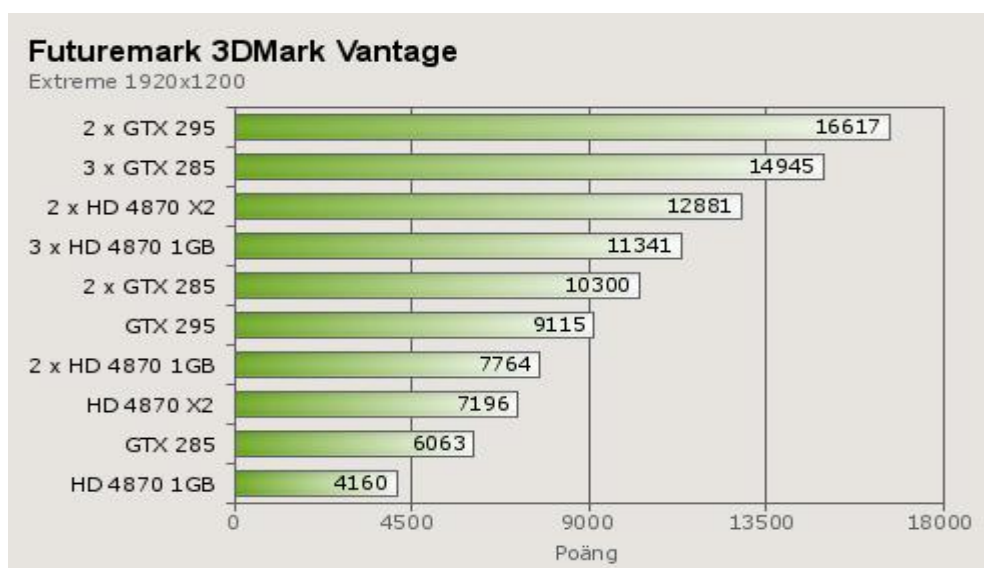
### 11.3.1 Deltest 1 – 3DMark Vantage

I första delen av testet används Futuremarks 3DMark Vantage för att få en uppfattning om hur de olika grafikkorten och grafikkortskombinationerna presterar. 3DMark Vantage baserar sina poäng på realtids 3D grafiktest och processor test uppdelade i olika moment. Det är designat för att testa DirectX 10 prestandan i ett datorsystem. I testet har två olika inställningar använts: Extreme

1920x1200 och Performance 1280x1024. Extreme och Performance står för hur mycket detaljer och kvaliteten på olika grafikrelaterade funktioner som till exempel anti-aliasing.



**Figur 11.16.** 3DMark Vantage med Performance 1280x1024 inställningen. [26]



**Figur 11.17.** 3DMark Vantage med Extreme 1920x1200 inställningen. [26]

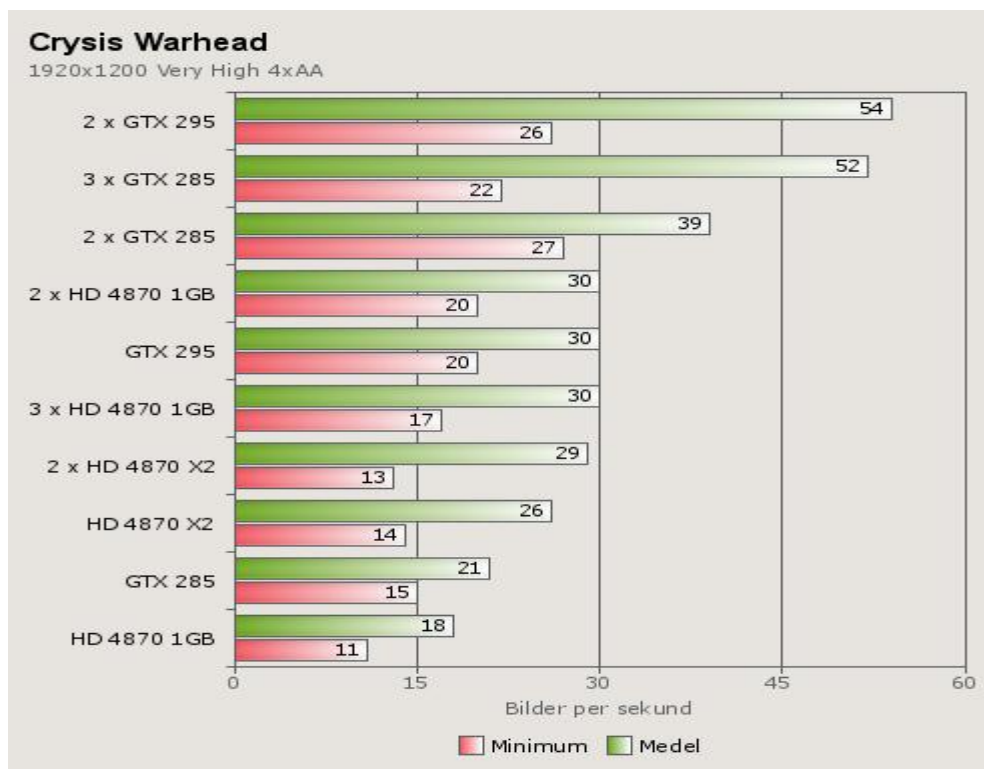
I figur 11.16 ser vi resultatet i performance inställningen. Där ligger Quad-SLI kombinationen med två stycken GTX 295 i topp följt av ytterligare två SLI kombinationer. Den intressantaste iakttagelsen här är att ett stycke GTX 295

presterar lika bra som tre stycken HD 4870 i CrossFireX. Men eftersom det är så låg resolution och relativt lite detaljer i grafiken i performance läget så är det egentligen extreme läget som är det intressanta här.

I figur 11.17 ser vi resultatet med när grafiken har justerats till extreme läget. Återigen är det SLI konfigurationen med 2 stycken GTX 295 som visar på bäst resultat. Men nu ser vi att Radeons HD 4870X2 CrossFireX kombination har klättrat uppåt i resultaten.

### 11.3.2 Deltest 2 – Crysis Warhead

Så är det dags igen för resursslukande Crysis Warhead att testa dessa grafikkorts kombinationer. Här körs testet i följande upplösningar: 1920x1200 med väldigt höga detaljinställningar och 4 x antialiasing (figur 11.18); 2560x1600 med väldigt höga detaljinställningar men med 2 x antialiasing (figur 11.19).



**Figur 11.18.** Crysis Warhead resultat med resolutionen 1920x1200. [26]





**Figur 11.19.** Crysis Warhead resultat med resolutionen 2560x1600. [26]

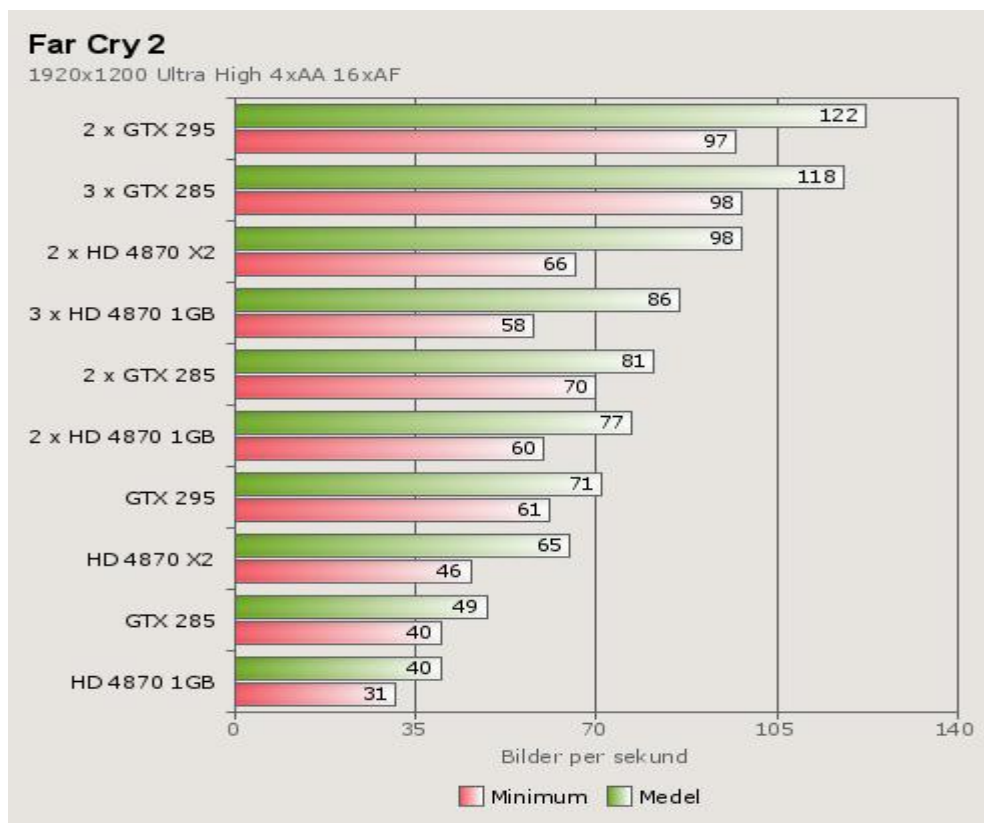
Igen har vi nVidias SLI konfigurationer i topp bland resultaten. Men något som blir ganska tydligt är att Crysis Warhead kräver otroligt mycket av datorn för att överhuvudtaget flyta på vid högre upplösningar. Med resolutionen uppe i 2560x1600 ser man att ett singel grafikkort av toppkvalitet som GTX 285 och HD 4870 inte klarar av belastningen. Att ha en fps på ca 10 duger inte.

En anmärkningsvärd sak att ta upp är att tre-vägs SLI med GTX 285 grafikkorten presterar bäst i den högsta upplösningen. Och verkar också fungera med en stabilare fps än tvåan som av någon anledning har en minimum fps på 10.

Det är också ganska stora skillnader mellan SLI och CrossFireX i det här testet. Det kan kanske till viss del bero på problem med CrossFireX drivrutinernas optimerade profil för just Crysis Warhead.

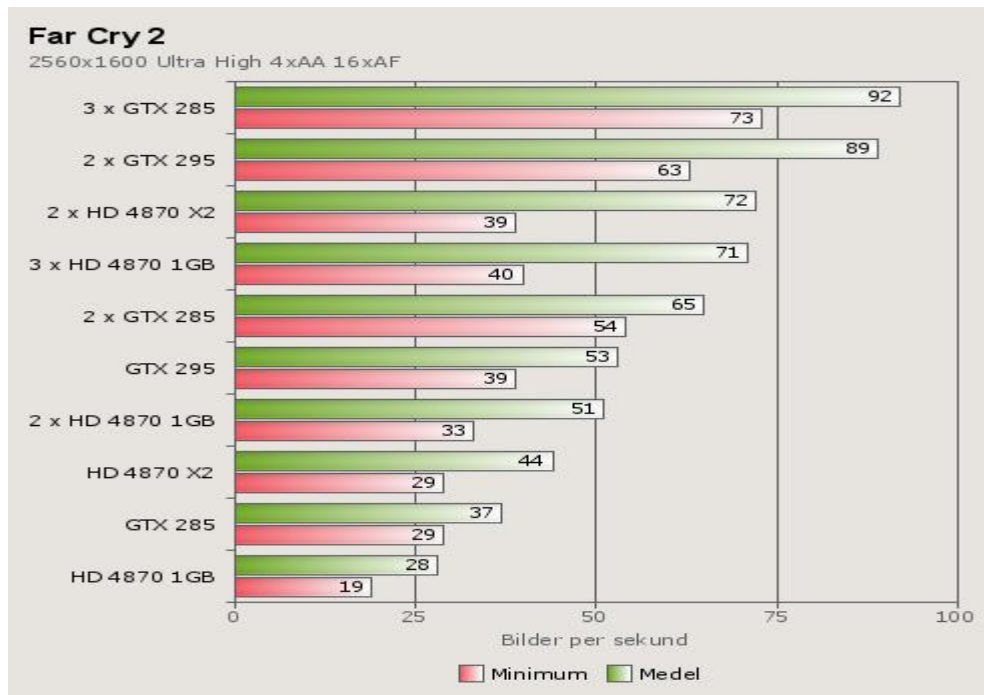
### 11.3.3 Deltest 3 – Far Cry 2

Far Cry 2 är också ett bekant spel i 3D benchmarking tester. Testet utförs i resolutionerna 1920x1200 och 2560x1600. Detaljnivån är satt till ultra high, 4x kantutjämning och 16x Anisotropisk filtrering används. Detta gör att spelet ser snyggt ut men kräver också mer av grafikhårdvaran.



**Figur 11.20.** Far Cry 2 resultat med resolutionen 1920x1200. [26]

Med 1920x1200 resolution ser man att alla grafikkortslösningar klarar att nå åtminstone acceptabla nivåer i fps. Och som man har sett tidigare så ligger quad-SLI lösningen med GTX 295 i topp medan tre-vägs SLI kombinationen med GTX 285 grafikkorten kommer in precis efter som tvåa.



**Figur 11.21.** Far Cry 2 resultat med resolutionen 2560x1600. [26]

Med resolutionen ökad till 2560x1600 ser vi en förändring som dyker upp för andra gången i testet, tre-vägs SLI med GTX 285 grafikkorten tar toppplaceringen med en genomsnitts fps på 92. I och för sig med endast 3 fps mera än tvåan i testet men tre-vägs SLI håller betydligt stabilare fps. Quad-SLI har en dipp på hela 10 fps mer tre-vägs SLI i det här delmomentet vilket får anses som märkligt. I övrigt är det bara Radeon HD 4870 grafikkortet som inte lyckas pressa upp fps:en till över 30.

#### 11.3.4 Slutsats av testet

Överlag kan man säga att det är quad-SLI konfigurationen med två stycken GeForce 295 GTX som presterar bäst igenom testet. Även om tre-vägs SLI kombinationen visar upp bra resultat vid högre bildskärmsresolutioner. Syftet med testet var att testa likvärdiga grafikkort från nVidia och AMD/ATI för att se om det finns skillnader dem emellan. Och med facit i hand så ser man att nVidia med sin SLI teknik för tillfället ligger steget före.

## 11.4 Strömförbrukningstest

I det här testet så ska jag gå igenom hur mycket grafikkort påverkar elförbrukningen i en dator. Och hur mycket ökar strömförbrukningen om man använder SLI eller CrossFire?

Testet är hämtat från Tino Kreiss artikel: How Much Power Does Your Graphics Card Need? - 01/21/2009. [16]

(<http://www.tomshardware.com/reviews/geforce-radeon-power,2122.html>)

Testsystemet i det här fallet består av följande komponenter:

För Nvidia singel grafikkort, AMD/ATI singel grafikkort och CrossFire grafikkortsuppsättning användes:

CPU:	Intel Core 2 Extreme X6800 @ 2.93 GHz (11x266 MHz), Socket 775, 1.28 V, 65 nm, 4096 KB L2 cache
FSB*:	1066 MHz (4x266 MHz)
Moderkort:	Asus P5E3 Deluxe, PCIe 2.0 2x16, ICH9R
Chipset:	Intel X38
Minnen:	2x1 GB, Ballistix (Crucial Technology) 1.5 V, DDR3 1066 7-7-7-20 (2x533 MHz)
Ljud:	Intel High Definition Audio
LAN:	Intel 1000 Pro
Hårddiskvor:	Western Digital WD5000AAKS 500 GB, SATA, 16 MB cache Hitachi 120 GB, SATA, 8 MB cache
DVD:	Gigabyte GO-D1600C
PSU:	CoolerMaster RS-850-EMBA 850 W

För Nvidia SLI grafikkorts tester användes följande komponenter:

Moderkort:	Asus P5N-T Deluxe, PCIe 2.0 2x16
Chipset:	Nvidia nforce 780i SLI
Minnen:	2x1 GB, A-Data Technology 1.8 V, DDR2 800 5-5-5-18 (2x400 MHz)

Ljud: ADI 1988B SoundMax  
LAN: Marvell 88E1116 Gigabit

Drivrutiner och inställningar:

Grafikdrivrutiner: AMD Catalyst, Nvidia ForceWare

OS: Windows Vista Enterprise SP1

DirectX: 10 and 10.1

Chipset: X38 Intel 8.3.1.1009, 780i Nvidia nforce 9.64

Strömförbrukningen anges i Watt; 1000 watts (1kW).

Kostnaden för elförbrukningen varierar från plats till plats. Här används 20 cent (dollar) per kWh (kilowatt-timme) för kalkyleringarna. Jämförelsevis kan nämnas att medelpriset per kWh i Finland ligger på ca 7,3 cent (euro). Mätningen för strömförbrukningen mäts vid strömuttaget.

#### **Formel för kalkylering av strömförbrukning för ett år:**

*El-kostnader för 1 år =*

*(Strömförbrukning watts x 8 timmar x 365 dagar) / 1000 x 0.2 dollar*

#### 11.4.1 Test 1 – Strömförbrukning för hela datorn

I första testen undersöks hur mycket el hela datorn förbrukar och vad detta kostar under ett år.

Första kolumnen i tabellen anger vilken modell av grafikkort och vilken typ av SLI eller CrossFire det är frågan om. Kolumn två anger strömförbrukning i 2D läge eller i windows läge. I det här läget är datorn i viloläge. Kolumn tre anger strömförbrukning i 3D läge eller när det är full belastning på systemet. Kolumn fyra anger kostnaden för systemet under ett år. Det är full belastningsläget som ligger som grund för årskostnaden. Tabellen med resultaten finns i bilaga 5.

## 11.4.2 Test 2 – Strömförbrukning för endast grafikkort

I den andra testen undersöks hur stor del av elförbrukningen som grafikkorten står för.

Här har man beräknat strömförbrukningen av testsystemet och subtraherat det från den totala strömförbrukningen. Eftersom strömförbrukningen varierar beroende på prestanda klassificeringen (nyare grafikkort sänker automatiskt sin elförbrukning när de är inaktiva) av grafikkorten så beräknades ett medelvärde som används för beräkningarna av strömförbrukningen.

Här är resultaten på den beräknade förbrukningen utan grafikkort:

**Tabell 1.** Beräknad elförbrukning för datorsystemet.

<b>Test System</b>	<b>2D – Utan belastning</b>	<b>3D - Full belastning</b>	<b>2D - Medelvärde</b>	<b>3D - Medelvärde</b>
X38 Chipset	52-68 Watts	80-120 Watts	64 Watts	104 Watts
780i Chipset	114-125 Watts	142-158 Watts	119 Watts	150 Watts

Värt att notera är att nForce chipset moderkortet ligger på ca 50 watts högre strömförbrukning än intels moderkort.

Första kolumnen i tabellen anger vilken modell av grafikkort och vilken typ av SLI eller CrossFire det är frågan om. Kolumn två anger strömförbrukning i 2D läge eller i windows läge. I det här läget är datorn i viloläge. Kolumn tre anger strömförbrukning i 3D läge eller när det är full belastning på systemet. Kolumn fyra anger kostnaden på strömförbrukningen för grafikortet om det ligger i viloläge 8 timmar om dagen i ett års tid. Kolumn fem ger kostnaden om grafikkortet ligger i viloläge 24 timmar om dygnet i ett års tid. Och kolumn sex ger resultatet för full belastning på grafikkortet 8 timmar per dag i ett år. Tabellen med resultaten finns i bilaga 6.

### 11.4.3 Reflektioner på strömförbrukningstesten

Min första tanke är att grafikkorten överlag står för en stor del av strömbehovet i en dator. Om man till exempel ser på några av topp grafikkorten, prestandamässigt, så ligger de uppe mellan 326 watt och 232 watt i strömförbrukning under full belastning. Medan ett mellanskikts grafikkort ligger runt ca 70-80 watts förbrukning. Och de enklaste och minst kraftfulla grafikkorten ligger på en förbrukning mellan 30-50W. En intressant aspekt är att AMD/ATIs Radeon kort verkar kräva mer ström än nVidias motsvarigheter. Om man ser på den andra ändan av spectrumet så ser man att både nVidias och AMD/ATIs budget grafikkort behöver väldigt lite el för att fungera. De är också väldigt jämna i elförbrukningen.

Utan att se på siffrorna kan man anta att om man kopplar ihop två identiska grafikkort i ett och samma system så stiger strömförbrukningen med lika mycket. Det vill säga att man har ett grafikkort som har en elförbrukning på 150W så blir elförbrukningen 300W med två grafikkort. I AMD/ATIs fall så är det nästan så. Till exempel Radeon HD 4870 (512 MB) har en strömförbrukning på 184W vid full belastning. Om man använder två st i CrossFire får man en förbrukning på 356W. Så man får en ökning på 96,7% i elförbrukning om man bortser från övriga komponenter. Men så är inte fallet med SLI. Om vi tittar på deras högprestandakort GeForce GTX 280 (1024 MB) så har ett st sådant en förbrukning på 248W under full belastning. Men om man kopplar ihop två stycken i SLI så får man en elförbrukning på 390W d.v.s en ökning på 63,6%.

## 12. Slutsats

Det här arbetet har gjorts för att få en grundlig uppfattning om vad SLI och CrossFire är, hur de fungerar och vad som är meningen med teknikerna. Samtidigt har jag försökt skapa mig en uppfattning om vem som kommer att utnyttja eller redan använder SLI och CrossFire.

Under arbetets gång har jag lärt mig mycket om hur teknikerna fungerar och jag kan konstatera att från början när CrossFire och SLI var nytt så skilde teknikerna ganska mycket från varandra även om grundtanken var densamma. Men under den tidsperiod som SLI och CrossFire har funnits tillgängliga för den vanlige mannen har teknikerna gått igenom förändringar. Då främst CrossFire som har utvecklats mera för att bli mera lättillgängligt.

Det finns ett klart syfte med teknikerna och var de är menade att användas och det är inom dataspelens värld. Det är där som utvecklingen inom krävande 3D applikationer är som snabbast. Och om man ser på hur stor industri som dataspel har blivit är det förståeligt att både nVidia och AMD/ATI vill kunna erbjuda sina kunder den bästa och häftigaste spelupplevelsen. Och när man ser på de tester som finns i detta arbete så förstår man att för att uppnå den spelupplevelsen krävs en massa rå kraft blandat med förfinad mjukvara i form av drivrutiner.

När jag ändå är inne på spåret med drivrutiner vill jag påpeka att både nVidia och AMD/ATI lägger ner stora resurser på att konstant uppdatera och förnya sina drivrutiner. Under tiden som jag har jobbat på detta arbetet har det släppts flera nya versioner av nVidias ForceWare och AMD/ATI's Catalyst drivrutiner. AMD/ATI har till exempel en policy att uppdatera sina drivrutiner varje månad.

Jag konstaterade alltså att den primära målgruppen för CrossFire och SLI var så kallade gamers. Men det är inte hela sanningen. Allt eftersom teknikerna har blivit mera mainstream och mera SLI- och CrossFire-certifierade komponenter blir tillgängliga hela tiden så öppnar det sig nya alternativ för den vanliga



datoranvändaren. Att uppgradera sin dator med SLI eller CrossFire kan vara ett relativt billigt sätt att öka livslängden på den samma.

Och det kan vara skäl att uppgradera så småningom för ganska många om man ser på allt HD (High Definition) film- och tv-material som dyker upp i allt snabbare takt. En annan sak att ta i beaktande är alla nya filmer som dyker upp i både HD upplösning och i 3D. Och 3D material är precis vad de här teknikerna är designade att rendera på din bildskärm eller HD-tv.

## 13. Källförteckning

### 13.1 Litteratur

- [1] AMD Catalyst Software Suite Version 9.10 Release Notes, AMD 2010.
- [2] ATI Programming For CrossFire, Emil Persson, ATI Technologies, Inc, 12.09.2005
- [3] GPU Gems 2: Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation, Matt Pharr och Randima Fernando, Mars, 2005
- [4] GPU Gems 3, Hubert Nguyen, Augusti, 2007
- [5] Nvidia Control Panel Quick Start Guide, Nvidia Corporation, 24.09.2009.
- [6] Nvidia Release 191 Graphics Drivers Release Notes, Nvidia Cooperation, 05.10.2009.

### 13.2 Artiklar

- [7] ATI returns fire, Andrew Chan och Vijay Anand, Harwaremag, November 2005

### 13.3 Elektroniska Publikationer

- [8] AMD CrossFire X, Björn Endre, 18.04.2008.  
[http://www.sweclockers.com/articles\\_show.php?id=6053&page=1](http://www.sweclockers.com/articles_show.php?id=6053&page=1)

- [9] AMD's hemsida, 2010 Advanced Micro Devices, Inc.  
<http://www.amd.com/se/Pages/AMDHomePage.aspx>
- [10] ATI Catalyst Tweak Guide, Koroush Ghazi, Juni 2009.  
[http://www.tweakguides.com/ATICAT\\_1.html](http://www.tweakguides.com/ATICAT_1.html)
- [11] ATI CrossFire – Multi-GPU Rendering, Terren Tong, 30.05.2005.  
<http://www.neoseeker.com/Articles/Hardware/Previews/aticrossfiretech/>
- [12] ATI CrossFire – The Test, Damien Triolet, 26.09.2005  
<http://www.behardware.com/articles/590-1/ati-crossfire-the-test.html>
- [13] Catalyst Control Center and Andrew Dodd Interview, Stuart "Veridian3" Davidson.  
<http://www.hardwareheaven.com/articles/CCC/>
- [14] CrossFire X explored, A first look at AMD's three- and four-way multi-GPU tech, Scott Wasson, 12.03.2008.  
<http://techreport.com/articles.x/14284>
- [15] How Graphics Cards Work, Jeff Tyson och Tracy V. Wilson  
<http://computer.howstuffworks.com/graphics-card1.htm>
- [16] How Much Power Does Your Graphics Card Need?, Tino Kreiss, 21.01.2009.  
<http://www.tomshardware.com/reviews/geforce-radeon-power,2122.html>
- [17] Nvidia Forceware Tweak Guide, Koroush Ghazi, Mars 2010.  
[http://www.tweakguides.com/NVFORCE\\_1.html](http://www.tweakguides.com/NVFORCE_1.html)
- [18] Nvidias hemsida, 2010 Nvidia Corporation.  
<http://www.nvidia.co.uk/page/home.html>
-

- [19] Nvidia's SLI – An Introduction, Ryszard Sommefeldt, 22.11.2004.  
<http://www.hexus.net/content/item.php?item=916&page=1>
- [20] Six Months with ATI CrossFireX Technology, Dustin Sklavos, 26.06.2008.  
[http://benchmarkreviews.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=193&Itemid=1](http://benchmarkreviews.com/index.php?option=com_content&task=view&id=193&Itemid=1)
- [21] SLI – Så fungerar det i praktiken  
[http://artiklar.gamexp.se/nvidia\\_sli\\_01.asp](http://artiklar.gamexp.se/nvidia_sli_01.asp)
- [22] SLI vs. CrossFire, Gabriel Torres, 15.04.2008  
<http://www.hardwaresecrets.com/article/391/1>
- [23] SLI Zone – SLI officiell hemsida  
<http://www.slizone.com/page/home.html>
- [24] The Naked Truth About Anisotropic Filtering, Dave Salvator, 26.09.2002.  
<http://www.extremetech.com/article2/0,2845,548248,00.asp>
- [25] The Geforce 8800 in SLI, For when too much is not enough, Scott Wasson, 23.01.2007.  
<http://techreport.com/articles.x/11686/1>
- [26] Världens snabbaste grafikkort, Jonas Thörnqvist, 16.02.2009.  
[http://www.sweclockers.com/artikel/6155-varldens\\_snabbaste\\_grafikkort](http://www.sweclockers.com/artikel/6155-varldens_snabbaste_grafikkort)
- [27] Windows Logo Program for Hardware, 2010 Microsoft Corporation.  
<http://www.microsoft.com/whdc/winlogo/default.mspx>
- [28] XFX GTX280 XXX i SLI, Razzz, 23.12.2008.  
<http://www.techsweden.org/recension/JCOV-xfx-gtx280-xxx-i-sli/1>

## 14. Bilagor

### 14.1 Bilaga 1

nVidias SLI certifierade grafikprocessor modeller 15.03.2010:

#### **GeForce 200 serien:**

GeForce GTX 295  
GeForce GTX 285  
GeForce GTX 280  
GeForce GTX 275  
GeForce GTX 260  
GeForce GTX 250

#### **Geforce 9 serien:**

GeForce 9800 GX2  
GeForce 9800 GTX+  
GeForce 9800 GTX  
GeForce 9800 GT  
GeForce 9600 GT  
GeForce 9600 GSO  
GeForce 9500 GT

#### **GeForce 8 serien:**

GeForce 8800 Ultra  
GeForce 8800 GTX  
GeForce 8800 GTS 640 Mb  
GeForce 8800 GTS 320 Mb  
GeForce 8800 GT  
GeForce 8600 GTS  
GeForce 8600 GT  
GeForce 8500 GT

Källa: Nvidias hemsida, 2010 Nvidia Corporation.

<http://www.nvidia.co.uk/page/home.html>

## 14.2 Bilaga 2

SLI certifierade moderkortsmodeller 15.03.2010:

Moderkort, Intel baserade:

Intel H57  
Intel P55 SLI  
Intel X58 SLI  
NVIDIA NFORCE 790i Ultra SLI  
NVIDIA NFORCE 780i SLI  
NVIDIA NFORCE 750i SLI  
NVIDIA NFORCE 740i SLI  
NVIDIA NFORCE 680i SLI  
NVIDIA NFORCE 680i LT SLI  
NVIDIA NFORCE 650i SLI  
NVIDIA NFORCE 590 SLI  
NVIDIA NFORCE 570 SLI

Moderkort, AMD baserade:

NVIDIA NFORCE 980a  
NVIDIA NFORCE 790a  
NVIDIA NFORCE 780a  
NVIDIA NFORCE 750a  
NVIDIA NFORCE 740a  
NVIDIA NFORCE 680a SLI for AMD1207 FX CPUs  
NVIDIA NFORCE 650i  
NVIDIA NFORCE 590 SLI for AMD AM2  
NVIDIA NFORCE 570 SLI for AMD AM2  
NVIDIA NFORCE 560i  
NVIDIA NFORCE 500 SLI for AMD AM2  
NVIDIA NFORCE PROFESSIONAL 2200

Källa: Nvidias hemsida, 2010 Nvidia Corporation.

<http://www.nvidia.co.uk/page/home.html>

## 14.3 Bilaga 3

AMD/ATI CrossFire certifierade grafikkort 15.03.2010:

<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 5970</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD5970 PCI-e 2GB DDR5
MSI	MSI R5970 (R5970-P2D2G) PCI-e 2GB DDR5
Sapphire	Sapphire Radeon HD5970 PCI-e 2GB DDR5
XFx	XFx Radeon HD 5970 Black Edition PCI-e 2GB DDR5
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 2600 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) HD 2600 Pro, 256MB DDR2 PCIE
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) HD 2600 XT 256MB GDDR3 (A63C-TD3)
Visiontek	VisionTek Radeon HD 2600 PRO 256MB DDR2 PCI-E (VT-400213)
Visiontek	VisionTek Radeon HD 2600 XT 512MB DDR3 (VT-400217)
GeCube	GeCube Radeon HD 2600Pro 256MB DDR2 PCIE (GC-RX26PG2-D3)
GeCube	GeCube Radeon HD 2600XT 256MB DDR3 PCIE(GC-RX26XTG3-D3)
GeCube	GeCube Radeon HD2600XT 256MB PCIE (GC-HD2600XTG4-D3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X1300 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X1300 Pro Bravo 256MB PCIE (R51B-PD3)
Connect3D	Connect3D Radeon X1300 XT 256MB PCI-E (C3D 3066)
Gigabyte	Gigabyte X1300 Pro 256MB PCI-E (GV-RX13P256DE-RH)
Gigabyte	Gigabyte X1300 Pro GV-RX13128D-RH 128MB PCI-E
Sapphire	Sapphire Radeon X1300 256MB DDR2 PCIE
Palit	Palit Radeon X1300 Pro 256MB PCIE (A676)
Hightech (HIS)	HIS Radeon X1300 XT 256MB PCI-E
GeCube	GeCube Radeon X1300 512Mb PCIE (GC-RX1300G2-E3)
GeCube	GeCube Radeon X1300 Pro 256MB PCIE (GC-RX1300PG2-D3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X850 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X850 PRO PCIE 256MB VIVO(R48-PVD3)
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X850 XT 256MB PCIE (R48-TD3)
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X850 XT-PE PCIE 256MB (R48-XVD3)
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X850XT PCIE 256MB VIVO (R48-TVD3)
Connect3D	Connect3D Radeon X850 XT 256MB PCI-e (C3d-3024)
Connect3D	Connect3D Radeon X850 XT 256MB PCI-e (C3D-3026)
Connect3D	Connect3D Radeon X850XT-PE 256MB (C3D-3025)
Visiontek	Visiontek XTASY Radeon X850XT 256MB
Visiontek	VisionTek XTASY RADEON X850XT PlatinumEdition 256MB
Hightech (HIS)	HIS Radeon X850XT 256MB
Hightech (HIS)	HIS Radeon X850XT VIVO 256MB
Hightech (HIS)	HIS Radeon X850XT-PE VIVO 256MB
GeCube	GeCube Radeon X850 PRO PCIE 256MB (GC-RX850PG3-D3)
GeCube	GeCube Radeon X850XT PCIE 256MB (GC-X850XT-D3)
GeCube	GeCube Radeon X850XT VIVO PCI-e 256MB (GC-X850XT-VIVO)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 5870</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 5870
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 5870 1GB GDDR5
Visiontek	VisionTek ATI Radeon Series HD5870 PCI-e 1GB DDR5 (900298)

Sapphire	Sapphire Radeon HD 5870
XFx	XFx ATI Radeon Series HD5870 PCI-e 1GB GDDR5
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 5850</b>
Tul (Powercolor)	Radeon HD 5850 1 GB GDDR5 PCI-E
Visiontek	VisionTek Radeon HD 5850 PCI-e 1GB DDR5 (900297)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 5850 PCI-e 1GB DDR5
XFx	XFx Radeon HD 5850 (HD-585A-ZNFC) PCI-e 1GB DDR5
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 5770</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 5770 PCI-e 1GB DDR5
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 5770 1GB PCI-e
Diamond	Diamond Radeon HD 5770 1GB
XFx	XFx Radeon HD 5770 1GB PCI-e
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 5750</b>
Sapphire	SAPPHIRE HD5750 288-1E138-000SA Hynix GDDR5 1GB
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 5750 1GB PCI-e
Diamond	Diamond Radeon HD 5750 1GB PCI-e
XFx	XFx Radeon HD 5750 1GB PCI-e
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4870 X2</b>
Club3D	Club3D Radeon HD 4870 X2 2048MB GDDR5 PCI-E
Tul (Powercolor)	PowerColor Radeon HD 4870 X2 2GB GDDR5 PCI-E
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 4870 X2 2GB GDDR5 PCI-E
Visiontek	Radeon HD 4870 X2 2GB DDR5 PCIe (900250)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4870 X2 2GB GDDR5 PCI-E
GeCube	GeCube Radeon HD 4870 X2 (GC-4870X2)
GeCube	GeCube Radeon HD 4870 X2 2GB GDDR5 PCI-E
XFx	XFx Radeon HD 4870 X2 2048MB GDDR5 PCI-E
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4850 X2</b>
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4850 X2 2048MB GDDR3 PCI-E (100270SR)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4890</b>
Tul (Powercolor)	Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5(GBT-R489-1GH-B-G4C)
Sapphire	Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5
Hightech (HIS)	Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5 (H489F1GP)
Hightech (HIS)	Radeon HD 4890 Turbo PCI-e 1GB DDR5 (H489FT1GP)
Diamond	Diamond Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5
GeCube	GeCube Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5 (GC-HD4890G5-F3)
XFx	XFx Radeon HD 4890 PCI-e 1GB DDR5
XFx	XFx Radeon HD 4890 XXX Edition PCI-e 1GB DDR5
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4870</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 4870 GDDR5 (A773-TE3)
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon HD 4870 512MB GDDR5 PCI-E (A773-TE3)
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 4870 512MB GDDR5 PCI-E (GV-R487-512H-B)
MSI	MSI R4870 V174
Visiontek	Radeon HD 4870 GDDR5 (400457P)
Visiontek	Visiontek Radeon HD 4870 GDDR5 (900244)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4870 1GB GDDR5 (288-1E114-000SA)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4870 2GB GDDR5 PCI-E (288-1E114-100SA)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4870 512MB GDDR5 PCI-E (21133-00)



Sapphire	Sapphire Radeon HD 4870 GDDR5 (21133-00)
Hightech (HIS)	Hightech Radeon HD4870 1GB GDDR5 PCI-e (H487QS1GP)
Diamond	Diamond Radeon HD 4870 GDDR5
GeCube	GeCube Radeon HD 4870 512MB GDDR5 (GC-HD487XTG5-E3(R))
GeCube	GeCube Radeon HD 4870 512MB GDDR5 (GC-HD487XTG5-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4850</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 4850 GDDR3 (A77C-PE3)
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 4850 GDDR3 (R77CC)
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 4850 512MB GDDR3 PCI-E (A77C-PE3)
MSI	MSI R4850 V153
Visiontek	Visiontek Radeon HD 4850 512MB GDDR3 PCI-E (900241)
Visiontek	Visiontek Radeon HD 4850 GDDR3 (400458P)
Visiontek	Visiontek Radeon HD 4850 GDDR3 (900241)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4850 1GB GDDR3 (288-1E104-B01SA)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4850 512MB GDDR3 (288-AE104-301SA)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4850 512MB GDDR3 PCI-E (21132-00)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4850 GDDR3 (21132-00)
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 4850 512MB GDDR3 PCI-E
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 4850 GDDR3
Diamond	Diamond Radeon HD 4850 GDDR3
GeCube	GeCube Radeon HD 4850 512 MB GDDR3 (GC-HD485PG3-E3(R))
GeCube	GeCube Radeon HD 4850 512 MB GDDR3 PCI-E(GC-HD485PG3-E3)
GeCube	GeCube Radeon HD 4850 GDDR3 (GC-XHD485XPG3-F3A)
XFX	XFX Radeon HD 4850 1GB GDDR3 (HD-485X-ZDFC)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4830</b>
GeCube	GeCube Radeon HD 4830 512MB PCI-e (HD4830XPG3-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4770</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 4770 PCI-e 512MB DDR5
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4770 PCI-e 512MB DDR5
GeCube	GeCube Radeon HD 4770 PCI-e 512MB DDR5
XFX	XFX Radeon HD 4770 512MB GDDR5 PCI-e (HD-477A-YDFC)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4670</b>
MSI	R4670 2D512 GDDR3 512MB
Visiontek	Radeon HD 4670 1GB DDR3 PCIe (900251)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4670 GDDR3 512MB (188-0BE88-001SA)
Diamond	Diamond Radeon HD 4670 (4670PE31G)
Diamond	Diamond Radeon HD 4670 1 GB PCI-e
GeCube	Radeon HD 4670 512 MB DDR3 PCIe (AHD4670XT-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4650</b>
Tul (Powercolor)	PowerColor HD4650 R73B RV730Pro
MSI	MSI R4650-D512
Diamond	Diamond Radeon HD 4650 1GB DDR2 (4650PE1G)
GeCube	GeCube Radeon HD 4650 512MB DDR2 (HD4650P2-E3)
XFX	XFX Radeon HD 4650 512MB PCI-e
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4550</b>
Sapphire	Sapphire HD4550 (100252L)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 4350</b>
Tul (Powercolor)	PowerColor Go Green Radeon HD4350 R71BL 512MB DDR2
MSI	MSI R4350 V161 (D256H) RV710D2
Visiontek	VisionTek Radeon HD 4350 512MB DDR2 (VT-400484T)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 4350 PCI-e DDR2 256MB (288-10E98-100SA)

GeCube	GeCube Radeon HD 4350 512MB DDR2 (AHD4350LP-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 3870 X2 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 3870 X2
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon HD 3870 X2 512MB PCI-E
Visiontek	Visiontek Radeon HD 3870 X2
Visiontek	Visiontek Radeon HD 3870 X2 1 GB PCI-e
Sapphire	Sapphire Radeon HD 3870 X2
Diamond	Diamond Radeon HD 3870 X2 (3870X2PE31G)
GeCube	GeCube Radeon HD 3870 X2
GeCube	GeCube Radeon HD 3870 X2 1GB PCI-E
GeCube	GeCube X-Turbo Radeon HD 3870 X2
GeCube	GeCube X-Turbo Radeon HD 3870 X2 1GB PCI-E
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 3870 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon HD 3870
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon HD 3870
MSI	HIS Radeon HD 3870 512MB PCI-e
MSI	MSI Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Visiontek	Visiontek Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Sapphire	Sapphire Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 3870 512MB PCI-e
MSI	MSI Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Palit	Palit Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 3870 512MB PCI-e
Diamond	Diamond Radeon HD 3870 (3870PE3512)
Diamond	Diamond Radeon HD 3870 Ruby 512MB PCI-e
GeCube	GeCube Radeon HD 3870 PCIe 512MB GDDR4 (XHD3870XTG4-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 3850 Serie</b>
Tul (Powercolor)	TUL HD3850 PCI-E 512MB GDDR3 (R67C V1.2)
Tul (Powercolor)	TUL HD3850 PCI-E 512MB GDDR3 (R67C V1.2)
Visiontek	Visiontek Radeon HD 3850 256MB PCI-e
Sapphire	Sapphire Radeon HD 3850 256MB PCI-e
Gigabyte	Gigabyte Radeon HD 3850 256MB PCI-e
MSI	MSI Radeon HD 3850 256MB PCI-e
Palit	Palit Radeon HD 3850 256MB PCI-e
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 3850 256MB PCI-e
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 3850 256MB PCI-e
Hightech (HIS)	HIS Radeon HD 3850 ICEQ3 256MB PCI-e
Diamond	Diamond Radeon HD 3850 (3850PE3256) 256MB PCI-e
Diamond	Diamond Radeon HD 3850 (3850PE35120)
GeCube	GeCube Radeon HD 3850 PCIe 256MB PCI-e
GeCube	GeCube Radeon HD 3850 PCI-e 512MB GDDR3 (HD385P3-E3)
GeCube	GeCube Radeon HD 3850 PCI-e 512MB GDDR3 (XHD3850PG3-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 3450 Serie</b>
Tul (Powercolor)	TUL HD3450 PCI-E 256MB GDDR2 (R62BL V1.0)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 3450 256MB PCI-e
GeCube	GeCube Radeon HD 3450 (GC-HD345PLS2)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 2400 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) HD 2400 PRO 256MB GDDR3 (R61BL-ND3)
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon HD 2400XT 256MB (R61CL-PD3) PCIe

Visiontek	VisionTek Radeon HD 2400 Pro 256MB DDR2 PCIE
Gigabyte	Gigabyte GV-RX24P256H 256MB PCIE
Gigabyte	Gigabyte GV-RX24T256HP 256MB PCIE
GeCube	GeCube Radeon HD 2400 Pro (GC-HD24PL2-D3)
GeCube	GeCube Radeon HD 2400XT 256MB DDR2 PCIE(GC-HD24XTL2-D3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 3650 Serie</b>
Tul (Powercolor)	TUL HD3650 PCI-E 512MB GDDR3 (A63C V2.1)
Tul (Powercolor)	TUL HD3650 RV635 PCI-E 512MB GDDR3 (A63C V2.1)
Sapphire	Sapphire HD3650 PCI-E 512MB GDDR3 (E42-00)
Sapphire	Sapphire Radeon HD 3650 PCIE
Diamond	Diamond Radeon HD 3650 1 GB PCI-e (3650PE-1G)
GeCube	GeCube Radeon HD 3650 256MB GDDR3 (GC-RX365XTG3-D3)
GeCube	GeCube Radeon HD 3650 256MB PCI-E (GC-RX365XTG3-D3)
GeCube	GeCube Radeon HD 3650 512 MB DDR2 (GC-DP365PLPS2-E3)
GeCube	GeCube Radeon HD 3650 512 MB DDR2 (GC-HD365P2-E3)
GeCube	GeCube Radeon HD 3650 512 MB DDR2 PCI-E (GC-DP365PLPS2-E3)
GeCube	GeCube Radeon HD 3650 512MB PCI-E (GC-HD365P2-E3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ HD 2900 Serie</b>
Club3D	Radeon HD 2900XT PCIE
Jetway	Radeon HD 2900XT PCIE
Tul (Powercolor)	Radeon HD 2900XT PCIE
Asus	Radeon HD 2900XT PCIE (EAH2900)
Visiontek	Radeon HD 2900XT PCIE
Sapphire	Radeon HD 2900XT PCIE
Gigabyte	Radeon HD 2900XT PCIE
MSI	Radeon HD 2900XT PCIE
Palit	Radeon HD 2900XT PCIE
Hightech (HIS)	Radeon HD 2900XT PCIE
Diamond	Radeon HD 2900XT (2900XT512PE) 512 PCIE
GeCube	Radeon HD 2900XT PCIE
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X1950 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Powercolor Radeon X1950 PRO 256MB PCI-E (TUL LFA57C V1.0)
Tul (Powercolor)	Powercolor X1950 Crossfire Edition 256MB GameFX (A58D-XCE)
Tul (Powercolor)	Powercolor X1950XT 256MB GameFX (A58C-XVD3)
Tul (Powercolor)	Powercolor X1950XTX 512MB GameFX (A58D-XVE3)
Connect3D	Connect3D RADEON X1950 Crossfire Edition 512MB (C3D-3061)
Connect3D	Connect3D RADEON X1950XTX 512MB PCI-E (C3D-3060)
InfoTek (GeCube)	GeCube RADEON X1950 PRO 512MB (GC-HV195PG3-D3)
InfoTek (GeCube)	GeCube Radeon X1950 XTX 512MB (GC-X1950XTXD-VIE3)
InfoTek (GeCube)	GeCube RADEON X1950XT 512MB (GC-H1950XT-VID3)
InfoTek (GeCube)	GeCube X1950 Crossfire Edition 512MB GDDR4 (GC-CX1950-E2)
Gigabyte	Gigabyte RADEON X1950XTX 512MB (GV-RX195X512VB-RH)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X1900 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X1900 Crossfire™ Edition 512MB PCI-E
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X1900 XT 512MB PCI-E
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) Radeon X1900 XTX 512MB PCI-E
Connect3D	Connect3D Radeon X1900 CrossFire™ Edition 512MB (C3D-3057)
Connect3D	Connect3D Radeon X1900 GT 256MB PCI-E (C3D-3058)
Connect3D	Connect3D Radeon X1900 XT 512MB PCI-E (C3D-3056)
Connect3D	Connect3D Radeon X1900 XTX 512MB PCI-E (C3D-3055)
Gigabyte	Gigabyte Radeon X1900 XT 512MB PCIE (GV-RX19T512VB-RH)
Gigabyte	Gigabyte Radeon X1900 XTX 512MB PCIE (GV-RX19X512VB-RH)
Sapphire	Sapphire Radeon X1900 XT 512MB PCI-E Crossfire Ready

Palit	PALIT Radeon X1900 CrossFire™ Edition 512MB PCI-E
Palit	PALIT Radeon X1900 XT 512MB PCI-E VIVO
Palit	PALIT Radeon X1900 XTX 512MB PCI-E
GeCube	GeCube Radeon X1900 CrossFire Edition 512MB (GC-CX1900XT-E2)
GeCube	GeCube Radeon X1900 XTX 512MB PCI-E (GC-X1900XTXD-VIE3)
GeCube	GeCube Radeon X1900GT 256MB PCI-E (GC-H1900GTD-VID3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X1800 Serie</b>
Connect3D	Connect3D Radeon X1800 GTO 256MB PCI-E (C3D-3041)
Connect3D	Connect3D Radeon X1800XL 256MB PCI-E (C3D-3039)
Connect3D	Connect3D Radeon X1800XT 256MB PCI-E (C3D-3040)
Connect3D	Connect3D Radeon X1800XT 512MB PCI-E (C3D-3042)
Sapphire	Sapphire Radeon X1800 XL 256MB PCI-E CrossFire™ Ready
Palit	PALIT RadeonX1800 XT 256MB PCI-E (A435)
Hightech (HIS)	HIS Radeon X1800 XT 512MB PCI-E CrossFire™ Ready
Hightech (HIS)	HIS Radeon X1800XL 256MB PCI-E VIVO CrossFire™ Ready
GeCube	GeCube Radeon X1800 CrossFire™ Edition 512MB (GC-CX1800-E2)
GeCube	GeCube Radeon X1800 XL 256MB PCI-E (GC-X1800XLD-VID3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X1650 Serie</b>
Tul (Powercolor)	Tul (Powercolor) X1650XT 256MB GDDR3, PCIe
Connect3D	Connect3D Radeon X1650 Pro 256MB PCI-E (C3D 3069)
Asus	EAX1650PRO SilentGE/HTD/256M/A
Visiontek	VisionTek HD Radeon X1650 Pro PCI-e 256MB (VT-X1650P256HDMI)
Hightech (HIS)	HIS Radeon X1650 PRO 256MB DDR3 PCIE ICEQ Turbo
GeCube	GeCube Radeon X1650 PRO 256MB PCI-E (GC-RX165PG3-D3)
GeCube	GeCube X1650XT 256MB PCIe (RX165XTG3-D3)
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ X1600 Serie</b>
Gigabyte	Gigabyte Radeon X1600 PRO 256MB DDR2 (GV-RX16P256DE-RH)
Gigabyte	Gigabyte Radeon X1600 PRO 256MB PCIE (GV-RX16P256D-RH)
Sapphire	Sapphire Radeon X1600 PRO 256MB PCIE (11071-00-50)
Sapphire	Sapphire Radeon X1600 XT 256MB PCIE (11072-00-50)
Palit	Palit Radeon X1600 PRO 256MB PCIE
Palit	Palit Radeon X1600XT 256MB PCIE
GeCube	GeCube Radeon 1600 PRO 256MB PCI-E (GC-RX1600PG2-D3)
GeCube	GeCube Radeon X1600XT 256MB PCI-E (GC-RX1600XTG3-D3)

Källa: AMD's hemsida, 2010 Advanced Micro Devices, Inc.  
<http://www.amd.com/se/Pages/AMDHomePage.aspx>

## 14.4 Bilaga 4

ATI/AMD CrossFire certifierade moderkort 15.03.2010:

<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: AMD™ 790FX</b>
Jetway	HA04
Asus	M3A32-MVP
Asus	M3A32-MVP Deluxe w/ wifi
Asus	M3A79-T Deluxe
Asus	M4A79 Deluxe
Gigabyte	MA790FX-DQ6
Gigabyte	MA790FX-DS5
MSI	MSI K9A2 Platinum
DFI	D790FXB-M2RS (790FX)
DFI	DK790FXB-M2RSH
Sapphire	PC-AM2RD790
Gigabyte	GA-MA790FXT-UD5
Gigabyte	GA-MA790FX-UD5
DFI	LP UT 790FX-M2R
Foxconn	A79A-S
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: AMD™ 790GX</b>
Jetway	BA 230
Jetway	BA 240
Jetway	HA07
Jetway	HA07 Ultra
Jetway	HA07-GT
Asus	M3A78-T
Asus	M4A78-E
ABIT	A790GHH/128M (790GX)
DFI	DK 790GX-M2RS
DFI	JR 790GX-M2RS
AsRock	A790GMH/128M
AsRock	A790GX/128M
AsRock	A790GXH/128M
AsRock	AOD790GX/128M
AsRock	M3A790GXH/128M
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	A790GXM-A
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	A790GXM-A V1.0
Gigabyte	GA-MA790GP-UD4H (790GX)
MSI	DKA790GX
MSI	DKA790GX Platinum
Foxconn	A7DA
Foxconn	A7DA 3.0
Foxconn	A7DA-S
Foxconn	A7DA-S 3.0
Biostar	TA790GX3 A2+
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: AMD™ 790X</b>
Jetway	HA03-ULTRA
Gigabyte	GA-MA790XT-UD4
Gigabyte	GA-MA790X-UD4 (790X)

<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: AMD™ 780G</b>
Asus	M3A78-EMH HDMI
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI CrossFireX™ Xpress 3200</b>
Asus	A8R32-MVP
Asus	M2R32-MVP
MSI	MSI K9A Platinum
ABIT	AT8 32X
DFI	DFI Lanparty CFX3200-DR/G Motherboard
PC Partner	RD580AK9-A79D
PC Partner	RD580AKM-A95D
PC Partner	RD580AKM-AA1D
Sapphire	PC-AM2RD580
Sapphire	PC-AM2RD580Adv
Sapphire	Sapphire Pure Crossfire Advantage Radeon Xpress 3200 PC-A9RD580adv
Sapphire	Sapphire Pure Crossfire Radeon Xpress 3200 PC-A9RD580
EQS	AA1D-RD580AKM
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI Radeon™ Xpress 200 CrossFireX™</b>
Asus	A8R-MVP
MSI	RD480 NEO2
ABIT	AT8
DFI	DFI Lanparty UT RDX200 CF-DR*
AsRock	ALiveXFire-eSATA2
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	KA1 MVP Extreme
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	RD480-A939
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® X58</b>
Asus	P6T
Asus	Rampage II Extreme
Gigabyte	GA-EX58-EXTREME
Gigabyte	GA-EX58-UD5
DFI	DFI LANPARTY DK X58-T3eH6
DFI	DFI LANPARTY JR X58-T3eH6
Intel	DX58SO
Supermicro	C7X58
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® X48</b>
Intel	DX48BT2
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® P45</b>
Pegatron	Skyberg
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® X38</b>
Intel	DX38BT
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® P35</b>
Asus	P5K Deluxe
Asus	P5K3 Deluxe

MSI	P35 Platinum
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® i975x</b>
Asus	P5W DH
Gigabyte	GA-G1975X
MSI	975X Platinum
Intel	D975XBX
Intel	D975XBX2
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® i965x</b>
Asus	P5B Deluxe
Gigabyte	Gigabyte GA-965P-DQ6 (Rev 2.0)
MSI	P965 Platinum
AsRock	4Core1333-Viiv
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	ECS PX1 Extreme v1.0b
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	P965T-A
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: Intel® i945x</b>
AsRock	ConRoe1333-eSATA2
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	945P-A V3.0
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	945PL-A V3.0
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI CrossFireX™ Xpress 3200</b>
DFI	DFI LANPARTY UT ICFX3200-T2R/G
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI CrossFireX™ Xpress 1600</b>
Sapphire	Sapphire "Pure" Crossfire II PC-17RD400
<b>Tillverkare</b>	<b>Produkt: ATI CrossFireX™ Xpress 200</b>
PC Partner	RD400AS7-A73D
Elitegroup Computer Systems Co., Ltd	PA1 MVP Extreme

Källa: AMD's hemsida, 2010 Advanced Micro Devices, Inc.  
<http://www.amd.com/se/Pages/AMDHomePage.aspx>

## 14.5 Bilaga 5

Tabell på elektricitetsförbrukning för hela testsystemet.

<b>Elförbrukning för hela systemet med ett singel AMD/ATI grafikkort</b>	<b>2D Desktop viloläge, Watts</b>	<b>3D Full belastning, Watts</b>	<b>Kostnad i Dollar 365 dagar x 8 timmar</b>
Radeon HD 4870 X2 (2x1024 MB)	202	430	251
Radeon HD 4870 (512 MB)	147	288	168
Radeon HD 4850 (512 MB)	122	237	138
Radeon HD 4670 (512 MB)	81	173	101
Radeon HD 4550 (512 MB)	81	135	79
Radeon HD 3870 X2 (2x512 MB)	132	349	204
Radeon HD 3870 (512 MB)	95	216	126
Radeon HD 3850 (256 MB)	88	192	112
Radeon HD 3650 (512 MB)	89	167	98
Radeon HD 3470 (256 MB)	90	140	82
Radeon HD 3450 (256 MB)	85	132	77
Radeon HD 2900 XT (512 MB)	142	310	181
Radeon HD 2600 XT (512 MB)	86	170	99
Radeon HD 2600 XT (256 MB)	96	172	100
Radeon HD 2600 PRO (256 MB)	82	151	88
Radeon HD 2400 XT (256 MB)	82	138	81
Radeon HD 2400 PRO (256 MB)	81	130	76
Radeon X1950 XTX (512 MB)	102	238	139
Radeon X1950 XT (256 MB)	105	254	148
Radeon X1950 Pro (256 MB)	102	198	116
Radeon X1950 GT (256 MB)	100	188	110
Radeon X1900 XT (512 MB)	107	262	153
Radeon X1900 XT (256 MB)	101	233	136
Radeon X1900 GT (256 MB)	106	205	120
Radeon X1800 XT (512 MB)	112	211	123
Radeon X1800 XT (256 MB)	109	215	126
Radeon X1800 XL (256 MB)	105	174	102
Radeon X1800 GTO (256 MB)	100	163	95
Radeon X1650 XT (256 MB)	100	175	102
Radeon X1650 Pro (256 MB)	92	158	92
Radeon X1600 XT (256 MB)	92	156	91
Radeon X1600 Pro (256 MB)	93	151	88
Radeon X1300 XT (256 MB)	94	158	92
Radeon X1300 Pro (128 MB)	88	140	82
Radeon X1300 (256 MB)	86	136	79
Radeon X800 XT (256 MB)	93	182	106



<b>Elförbrukning för hela systemet med AMD/ATI grafikkort i CrossFire</b>	<b>2D Desktop viloläge, Watts</b>	<b>3D Full belastning, Watts</b>	<b>Kostnad i Dollar 365 dagar x 8 timmar</b>
Radeon HD 4870 CF (512 MB)	242	460	269
Radeon HD 4850 CF (512 MB)	177	367	214
Radeon HD 3870 x2 CF (4x512 MB)	199	610	356
Radeon HD 3870 3CF (3x512 MB)	162	464	271
Radeon HD 3870 CF (512 MB)	124	323	189
Radeon HD 3850 CF (256 MB)	111	279	163
Radeon HD 3650 CF (512 MB)	112	235	137
Radeon HD 2900 XT CF (512 MB)	222	540	315
Radeon HD 2600 XT CF (512 MB)	105	246	144
Radeon HD 2600 Pro (256 MB)	98	198	116
Radeon X1950 XTX CF (512 MB)	146	378	221
Radeon X1900 XT CF (512 MB)	149	404	236
Radeon X1600 XT CF (256 MB)	122	209	122
Radeon X1600 Pro CF (256 MB)	118	193	113

<b>Elförbrukning för hela systemet med ett singel nVidia grafikkort</b>	<b>2D Desktop viloläge, Watts</b>	<b>3D Full belastning, Watts</b>	<b>Kostnad i Dollar 365 dagar x 8 timmar</b>
GeForce GTX 280 (1024 MB)	117	352	206
GeForce GTS 260 (896 MB)	111	336	196
GeForce 9800 GX2 (2x512 MB)	173	368	215
GeForce 9800 GTX (512 MB)	119	257	150
GeForce 9800 GTX (512 MB)	126	264	154
GeForce 9600 GT (1024 MB)	102	187	109
GeForce 9600 GT (512 MB)	106	208	121
GeForce 8800 GTS (512 MB)	127	277	162
GeForce 8800 GTS (512 MB)	126	269	157
GeForce 8800 GT (1024 MB)	103	198	116
GeForce 8800 GT (512 MB)	115	239	140
GeForce 8800 Ultra (768 MB)	154	313	183
GeForce 8800 GTX (768 MB)	146	296	173
GeForce 8800 GTS (640 MB)	138	256	150
GeForce 8800 GTS (320 MB)	127	240	140
GeForce 8600 GTS (512 MB)	98	178	104
GeForce 8600 GTS (256 MB)	93	172	100
GeForce 8600 GT (256 MB)	89	160	93
GeForce 8500 GT (256 MB)	85	140	82
GeForce 8400 GS (256 MB)	83	136	79
GeForce 7950 GX2 (2x512 MB)	120	120	139
GeForce 7950 GT (512 MB)	99	183	107
GeForce 7900 GTX (512 MB)	105	206	120
GeForce 7900 GTO (512 MB)	104	202	118
GeForce 7900 GT (256 MB)	93	163	95
GeForce 7900 GS (256 MB)	95	164	96

GeForce 7800 GTX (512 MB)	105	235	137
GeForce 7800 GTX (256 MB)	105	208	121
GeForce 7800 GT (256 MB)	95	183	107
GeForce 7600 GT (256 MB)	88	152	89
GeForce 7600 GS (256 MB)	88	137	80
GeForce 7300 GT (256 MB)	84	133	78
GeForce 7300 GS (128 MB)	82	132	77
GeForce 6800 Ultra (256 MB)	122	202	118
GeForce 6800 GT (256 MB)	116	185	108
GeForce 6600 GT (128 MB)	90	161	94

<b>Elförbrukning för hela systemet med nVidia grafikkort i SLI</b>	<b>2D Desktop viloläge, Watts</b>	<b>3D Full belastning, Watts</b>	<b>Kostnad i Dollar 365 dagar x 8 timmar</b>
GeForce GTX 280 SLI (1024 MB)	203	540	315
GeForce GTX 260 SLI (896 MB)	211	610	356
GeForce 9800 GTX SLI (512 MB)	235	462	270
GeForce 9600 GT SLI (1024 MB)	182	302	176
GeForce 8800 GTS SLI (512 MB)	230	445	260
GeForce 8800 GT SLI (1024 MB)	184	326	190
GeForce 8800 GT SLI (512 MB)	203	392	229
GeForce 8800 Ultra 3SLI (768 MB)	388	715	418
GeForce 8800 Ultra SLI (768 MB)	294	580	339
GeForce 8800 GTS SLI (320 MB)	234	420	245
GeForce 8600 GTS SLI (256 MB)	164	277	162
GeForce 8600 GT SLI (256 MB)	155	253	148
GeForce 7950 GX2 SLI (4x 512 MB)	225	370	216
GeForce 7950 GT SLI (512 MB)	170	284	166
GeForce 7900 GT SLI (256 MB)	161	256	150
GeForce 7900 GS SLI (256 MB)	155	252	147
GeForce 7800 GTX SLI (256 MB)	187	340	199
GeForce 7800 GT SLI (256 MB)	162	289	169
GeForce 7600 GT SLI (256 MB)	145	232	135
GeForce 7600 GS SLI (256 MB)	137	205	120

Källa: How Much Power Does Your Graphics Card Need?, Tino Kreiss,  
21.01.2009.

<http://www.tomshardware.com/reviews/geforce-radeon-power,2122.html>

## 14.6 Bilaga 6

Tabell på strömförbrukning för enbart grafikkort.

Elförbrukning AMD/ATI singel grafikkort	2D Viloläge Watts	3D Full belastning Watts	2D Kostnad i Dollar för 365 dagar x 8 timmar	2D Kostnad i Dollar för 365 dagar x 24 timmar	3D Kostnad I Dollar för 365 dagar x 8 timmar
Radeon HD 4870 X2 (2x1024 MB)	138	326	81	242	190
Radeon HD 4870 (512 MB)	83	184	48	145	107
Radeon HD 4850 (512 MB)	58	133	34	102	78
Radeon HD 4670 (512 MB)	17	69	10	30	40
Radeon HD 4550 (512 MB)	17	31	10	30	18
Radeon HD 3870 X2 (2x512 MB)	68	246	40	119	144
Radeon HD 3870 (512 MB)	31	112	18	54	65
Radeon HD 3850 (256 MB)	24	88	14	42	51
Radeon HD 3650 (512 MB)	25	63	15	44	37
Radeon HD 3470 (256 MB)	26	36	15	46	21
Radeon HD 3450 (256 MB)	21	28	12	37	16
Radeon HD 2900 XT (512 MB)	78	206	46	137	120
Radeon HD 2600 XT (512 MB)	22	66	13	39	39
Radeon HD 2600 XT (256 MB)	32	68	19	56	40
Radeon HD 2600 Pro (256 MB)	18	47	11	32	27
Radeon HD 2400 XT (256 MB)	18	34	11	32	20
Radeon HD 2400 Pro (256 MB)	17	26	10	30	15
Radeon X1950 XTX (512 MB)	38	134	22	67	78
Radeon X1950 XT (256 MB)	41	150	24	72	88
Radeon X1950 Pro (256 MB)	38	94	22	67	55
Radeon X1950 GT (256 MB)	36	84	21	63	49
Radeon X1900 XT (512 MB)	43	158	25	75	92
Radeon X1900 XT (256 MB)	37	129	22	65	75
Radeon X1900 GT (256 MB)	42	101	25	74	59
Radeon X1800 XT (512 MB)	48	107	28	84	62
Radeon X1800 XT (256 MB)	45	111	26	79	65
Radeon X1800 XL (256 MB)	41	70	24	72	41
Radeon X1800 GTO (256 MB)	36	59	21	63	34
Radeon X1650 XT (256 MB)	36	71	21	63	41
Radeon X1650 Pro (256 MB)	28	54	16	49	32
Radeon X1600 XT (256 MB)	28	52	16	49	30
Radeon X1600 Pro (256 MB)	29	47	17	51	27
Radeon X1300 XT (256 MB)	30	54	18	53	32
Radeon X1300 Pro (128 MB)	34	36	14	42	21
Radeon X1300 XT (256 MB)	22	32	13	39	19
Radeon X800 XT (256 MB)	29	78	17	51	46

Elförbrukning AMD/ATI grafikkort CrossFire	2D	3D Full	2D	2D	3D
	Viloläge Watts	belastning Watts	Kostnad i Dollar för 365 dagar x 8 timmar	Kostnad i Dollar för 365 dagar x 24 timmar	Kostnad I Dollar för 365 dagar x 8 timmar
Radeon HD 4870 CF (512 MB)	178	356	104	312	208
Radeon HD 4850 CF (512 MB)	113	263	66	198	154
Radeon HD 3870 X2 CF (4x512 MB)	135	506	79	237	296
Radeon HD 3870 3CF (3x256 MB)	98	360	57	172	210
Radeon HD 3870 CF (512 MB)	60	219	35	105	128
Radeon HD 3850 CF (256 MB)	47	175	27	82	102
Radeon HD 3650 CF (512 MB)	48	131	28	84	77
Radeon HD 2900 CF (512 MB)	158	436	92	277	255
Radeon HD 2600 XT CF (512 MB)	41	142	24	72	83
Radeon HD 2600 Pro (256 MB)	34	94	20	55	55
Radeon X1950 XTX CF (512 MB)	82	274	48	144	160
Radeon X1900 XT CF (512 MB)	85	300	50	149	175
Radeon X1600 XT CF (256 MB)	58	105	34	102	61
Radeon X1600 Pro CF (256 MB)	54	89	32	95	52

Elförbrukning nVidia singel grafikkort	2D	3D Full	2D Kostnad i	2D Kostnad i	3D
	Viloläge Watts	belastning Watts	Dollar för 365 dagar x 8 timmar	Dollar för 365 dagar x 24 timmar	Kostnad I Dollar för 365 dagar x 8 timmar
GeForce GTX 280 (1024 MB)	53	248	31	93	145
GeForce GTX 260 (896 MB)	47	232	27	82	135
GeForce 9800 GX2 (2x512 MB)	109	264	64	191	154
GeForce 9800 GTX (512 MB)	55	153	32	96	89
GeForce 9800 GTX (512 MB)	62	160	36	109	93
GeForce 9600 GT (1024 MB)	38	83	22	67	48
GeForce 9600 GT (512 MB)	42	104	25	74	61
GeForce 8800 GTS OC (512 MB)	63	173	37	110	101
GeForce 8800 GTS (512 MB)	62	165	36	109	96
GeForce 8800 GT (1024 MB)	39	94	23	68	55
GeForce 8800 GT (512 MB)	51	135	30	89	119
GeForce 8800 Ultra (768 MB)	90	209	53	158	122
GeForce 8800 GTX (768 MB)	82	192	48	144	112
GeForce 8800 GTS (640 MB)	74	152	43	130	89
GeForce 8800 GTS (320 MB)	63	136	37	110	79
GeForce 8600 GTS (512 MB)	34	74	20	60	43
GeForce 8600 GTS (256 MB)	29	68	17	51	40
GeForce 8600 GT (256 MB)	25	56	15	44	33
GeForce 8500 GT (256 MB)	21	36	12	37	21
GeForce 8400GS (256 MB)	19	32	11	33	19
GeForce 7950 GX2 (2x512 MB)	56	134	33	98	78
GeForce 7950 GT (512 MB)	35	79	20	61	46

GeForce 7900 GTX (512 MB)	41	102	24	72	60
GeForce 7900 GTO (512 MB)	40	98	23	70	57
GeForce 7900 GT (256 MB)	29	59	17	51	34
GeForce 7900 GS (256 MB)	31	60	18	54	35
GeForce 7800 GTX (512 MB)	41	131	24	72	77
GeForce 7800 GTX (256 MB)	41	104	24	72	61
GeForce 7800 GT (256 MB)	31	79	18	54	46
GeForce 7600 GT (256 MB)	24	48	14	42	28
GeForce 7600 GS (256 MB)	20	33	12	35	19
GeForce 7300 GT (256 MB)	20	29	12	35	17
GeForce 7300 GS (128 MB)	18	28	11	32	16
GeForce 6800 Ultra (256 MB)	58	98	34	102	57
GeForce 6800 GT (256 MB)	52	81	30	91	47
GeForce 6600 GT (128 MB)	26	57	15	46	33

Elförbrukning nVidia grafikkort SLI	2D Viloläge Watts	3D Full belastning Watts	2D Kostnad i Dollar för 365 dagar x 8 timmar	2D Kostnad i Dollar för 365 dagar x 24 timmar	3D Kostnad i Dollar för 365 dagar x 8 timmar
GeForce GTX 280 SLI (1024 MB)	84	390	49	147	228
GeForce GTX 260 SLI (896 MB)	92	460	54	161	269
GeForce 9800 SLI (512 MB)	116	312	68	203	182
GeForce 9600 SLI (1024 MB)	63	152	37	110	89
GeForce 8800 GTS SLI (512 MB)	111	295	65	194	172
GeForce 8800 GT SLI (1024 MB)	65	176	38	114	103
GeForce 8800 GT SLI (512 MB)	84	242	49	147	141
GeForce 8800 Ultra 3SLI (768 MB)	269	565	157	471	330
GeForce 8800 Ultra SLI (768 MB)	175	430	102	307	251
GeForce 8800 GTS SLI (320 MB)	115	270	67	201	158
GeForce 8600 GTS SLI (256 MB)	45	127	26	79	74
GeForce 8600 GT SLI (256 MB)	36	103	21	63	60
GeForce 7950 GX2 SLI (4x512 MB)	106	106	62	186	128
GeForce 7950 GT SLI (512 MB)	51	134	30	89	78
GeForce 7900 GT SLI (256 MB)	42	106	25	74	62
GeForce 7900 GS SLI (256 MB)	36	102	21	63	60
GeForce 7800 GTX SLI (256 MB)	68	190	40	119	111
GeForce 7800 GT SLI (256 MB)	43	139	25	75	81
GeForce 7600 GT SLI (256 MB)	26	82	15	46	48
GeForce 7600 GS SLI (256 MB)	18	85	11	32	32

Källa: How Much Power Does Your Graphics Card Need?, Tino Kreiss, 21.01.2009.

<http://www.tomshardware.com/reviews/geforce-radeon-power,2122.html>