

ENERGIE BESPAREN

- BESPARINGEN** Welke lonen echt?
- OPTIMALISEREN** Energie en geld versus duurzaamheid
- MONITOREN** Inzicht in je verbruik met een slimme meter
- UNDERVOLTING** Spanningsverlaging bij processors



ENERGIE BESPAREN

Het leven wordt duurder, vooral de sterk gestegen energieprijzen kunnen flink op het huishoudbudget drukken. Het advies is dan ook: besparen. Maar welke energiebesparingen lonen echt en welke zorgen vooral voor ergernis en ongemak?

In deze thema-uitgave hebben we een reeks artikelen verzameld die je als leidraad kunt gebruiken om je energieverbruik beter in beeld te brengen. Ook helpen we je om verschillende besparingsmogelijkheden te vinden en hoe je deze het beste kunt benutten. Je ontkomt daarbij waarschijnlijk ook niet aan wat gedragsveranderingen.

Als er bij jou thuis een slimme meter geïnstalleerd is, heb je met een Raspberry Pi een simpele mogelijkheid om het verbruik aan gas en stroom realtime te monitoren.

Als je in je thuishkantoor aan het werk bent, wil je dat je IT-apparatuur zo min mogelijk opwarmt en de ventilatoren niet langdurig op volle toeren draaien. Dat belemmert niet alleen de concentratie, maar verbruikt ook onnodig veel energie. Probeer daarom eens de spanning van de processor te verlagen (undervolting).

Hopelijk helpen we je met deze thema-uitgave om energie te besparen.

Veel plezier



Noud van Kruysbergen

INHOUD

Energie besparen zonder afzien	4
Elektriciteit besparen bij IT, elektronica en (smart)home	10
Bekijk je energieverbruik	14
Energieverbruik, lawaai en warmte reduceren met undervolting	16

COLOFON

C'T IS EEN UITGAVE VAN F&L MEDIA BV in licentie van Heise Medien

ALGEMEEN DIRECTEUR Arjan Kropman

HOOFDREDACTEUR Noud van Kruysbergen

MET MEDEWERKING VAN Georg Schnurer, Carsten Spille, Marco den Teuling en Jörg Wirtgen

CONTACT redactie@ct.nl

Het auteursrecht op deze uitgave en op de daarin verschenen artikelen wordt door de uitgever voorbehouden. Het verlenen van toestemming tot publicatie in deze uitgave houdt in dat de auteur de uitgever, met uitsluiting van ieder ander onherroepelijk machtigt de bij of krachtens de auteurswet door derden verschuldigde vergoedingen voor kopiëren te innen en dat de auteur alle rechten overdraagt aan de uitgever, tenzij anders bepaald, dat geldt ook als de artikelen via een ander medium gepubliceerd worden. Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen, vermenigvuldigd of gekopieerd zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever. De uitgever stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele onjuistheden, welke in deze uitgave mochten voorkomen.

EVENWICHTIGE BALANS

Energie besparen zonder afzien: zo lukt het



Het leven wordt duurder, vooral de sterk gestegen energieprijzen drukken flink op het huishoudbudget. Het devies is dus besparen. Maar welke energiebesparingen lonen echt en welke zorgen vooral voor ergernis en ongemak? Zo maak je een goede inschatting.

Georg Schnurer en Marco den Teuling

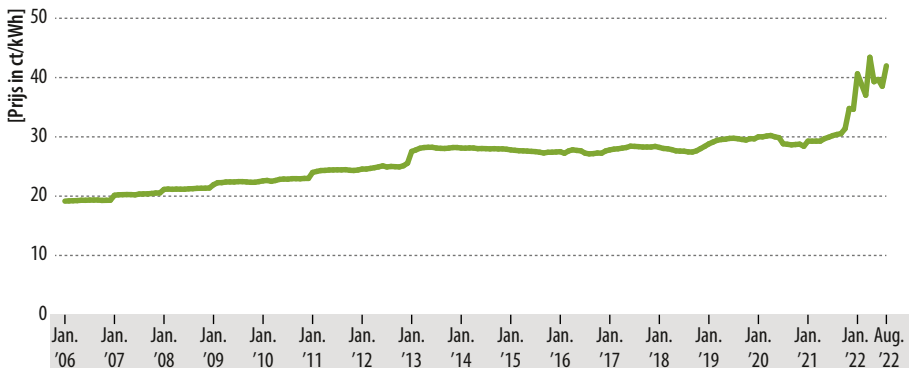
Energie is altijd al een kostbaar goed geweest – maar pas de explosief stijgende prijzen van de afgelopen maanden hebben dit echt onder de aandacht gebracht. De politici roepen op tot besparen, maar dat helpt weinig omdat ze geen antwoord geven op de vraag waar het loont om zuinig te zijn. Minder elektriciteit verbruiken is natuurlijk een goed plan. Besparing is minstens zo nuttig en financieel rendabel bij verwarming op gas of olie.

Natuurlijk is het zinvol om de kamertemperatuur met een paar graden te verlagen

als je je woning eerder verwarmde tot 23 graden of zelfs meer. Maar als je toch al genoe-gen nam met temperaturen tussen 19 en 21 graden, heb je het besparingspotentieel op het gebied van verwarming al grotendeels uitgeput. Hier en daar kan het nog zinvol zijn overige instellingen van cv-ketel of andere verwarmingssystemen aan te passen. Zo moedigt de campagne ‘zet ’m op 60’ aan om de aanvoertemperatuur van je cv-ketel op 60 graden te zetten. Je kunt ook de nachttempe-ratuur in de thermostaat verlagen. Hoe effec-tief dergelijke aanpassingen zijn, hangt sterk

Ontwikkeling energieprijzen

De gemiddelde prijs van gas en elektriciteit voor consumenten was lange tijd vrij constant. Na de Russische inval in de Oekraïne zijn beide explosief gestegen. Momenteel schommelt de prijs, maar zal naar verwachting hoog blijven. De ontwikkelingen in Nederland (hieronder) zijn vergelijkbaar met die in België. Gasprijzen in Nederland zijn echter sterker gestegen dan elders, onder meer doordat voor energieproductie relatief veel gas wordt gebruikt.



af van de isolatie van het gebouw en de constructie van het verwarmingssysteem.

Zo kan het te veel verlagen van de nachttemperatuur oncomfortabel en soms zelfs contraproductief zijn: als de woning nachts volledig afkoelt, kost het onnodig veel energie om hem de volgende ochtend weer op temperatuur te krijgen. Bovendien bestaat het risico van vochtschade als de muren bijvoorbeeld 's nachts zo koud worden dat er vocht op condenseert.

Vochtigheidssensoren zijn een goed hulpmiddel om het juiste evenwicht te vinden. Slimme apparaten met app- of smarthome-ondersteuning registreren de temperatuur en luchtvochtigheid in meerdere kamers. Het

Schokventilatie: sluit de deur en open het raam volledig gedurende ten minste vijf minuten

verloop over 24 uur toont dan de effecten van een nachtelijke verlaging. De optimale luchtvochtigheid in woonkamers ligt tussen 40 en maximaal 60 procent. In de slaapkamer mag de luchtvochtigheid niet al te ver boven de 40 procent zijn als je gaat slapen, aangezien lucht van je adem en nachtelijke transpiratie de luchtvochtigheid voortdurend doen stijgen.

GOED VENTILEREN

Vooral in goed geïsoleerde woningen zonder centraal ventilatiesysteem is het belangrijk om voor frisse lucht te zorgen. Een regelmatige luchtverversing door gericht doorluchten zorgt voor een aangenaam binnenklimaat, gezonde lucht en voorkomt schimmelgroei. Idealiter laat je je appartement of een verdie-

ping goed doortochten door twee ramen in tegenoverliggende kamers enkele minuten tegen elkaar open te zetten.

Als dat niet kan, is de beste methode schokventilatie per kamer. Met andere woorden, sluit de deur en open het raam volledig gedurende ten minste vijf minuten. In ruimtes die veel gebruikt worden, zou dat drie tot vier keer per dag moeten gebeuren. Om verspilling van verwarmingsenergie te voorkomen, moet je de radiatoren uitzetten tijdens tochten of ventileren. Als je daar graag techniek voor gebruikt, kun je dit overlaten aan een intelligente radiatorthermostaat met een raamsensor – die schakelt dan na het luchten automatisch de verwarming weer in.

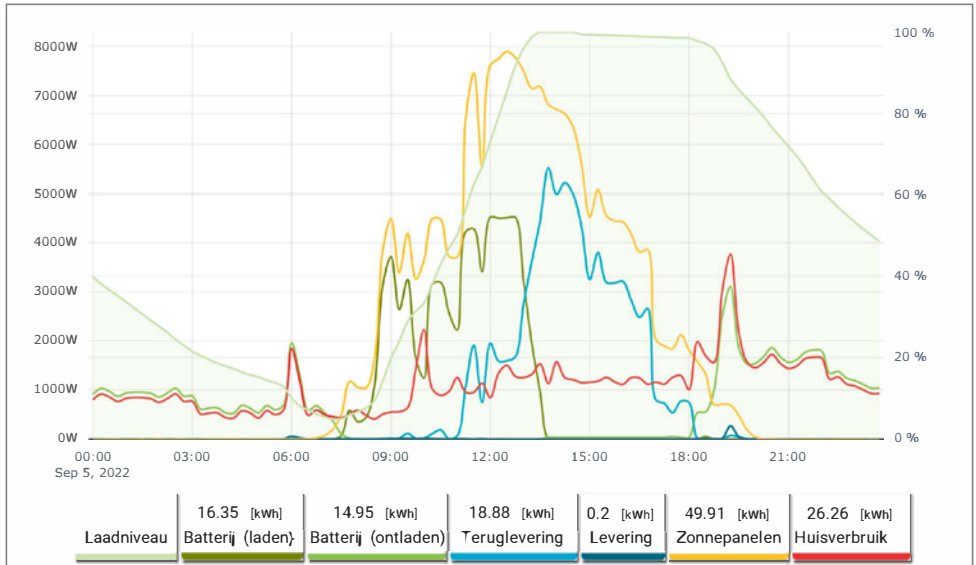
Ramen langere tijd wat open laten is altijd een slecht idee. Als de verwarming werkt, blaas je dure energie naar buiten. Zelfs met een intelligente thermostaat koelt de ruimte dan volledig af.

In de meeste woningen is de cv of ander verwarmingssysteem niet alleen verantwoordelijk voor een comfortabele temperatuur, maar ook voor het verwarmen van water. Dat betekent dat er ook hier besparingsmogelijkheden zijn, maar dat vergt een serieuze gedragsverandering van de bewoners. Als je niet bereid bent om het bad te vervangen door te douchen, kun je hier nauwelijks iets besparen. Je kunt natuurlijk ook besparen door het hete water niet te laten lopen tijdens het inzepen, maar dat heeft alleen effect als ierdereen in huis dat doet.

Wasmachines en vaatwassers bieden eventueel extra mogelijkheden om energie te besparen. Deze verwarmen het water meestal elektrisch, en dat kan duurder uitpakken dan wanneer een cv-ketel hierbij meehelpt.

STROOM BESPAREN

Vooral IT-liefhebbers hebben veel apparaten in huis die voortdurend energie slurpen. Het



Een gemiddeld zonnige septemberdag: 's nachts en 's morgens levert de accu energie. Vanaf circa acht uur leveren de zonnepanelen hiervoor genoeg. Bij meer zonlicht laadt de batterij tot circa 13 uur, daarna wordt energie teruggeleverd aan het net.

is een goed idee om eerst een overzicht hiervan te krijgen. Dit gaat het makkelijkst met [eenvoudige verbruiksmeters voor het stop-contact](#). Een dergelijke meting levert echter slechts een momentopname op. Meer informatie wordt verstrekt door slimme meetapparatuur voor de lange termijn, zoals de apparaten die we hebben getest in c't 1-2/2023 op pagina 82. In het volgende artikel beschrijven we andere punten om rekening mee te houden bij het meten van het elektriciteitsverbruik en waar het vooral de moeite loont om te besparen.

Als je denkt dat je al je energiebesparingsmogelijkheden hebt benut, kan het toch schelen om je eigen huishouden en gedrag onder de loep te nemen. Wees gerust, we gaan hier niet met de vinger wijzen, maar geven een praktijkvoorbeeld aan de hand van ons eigen energieverbruik. In de woongroep van zeven volwassenen, dachten we al behoorlijk zuinig bezig te zijn. De verwarming wordt regelmatig

onderhouden, de aanvoertemperatuur is jaren geleden geoptimaliseerd en alles wordt efficiënt geregeld met smarthome-componenten.

Zo draaien de radiatoren in afzonderlijke kamers alleen als de betreffende huisgenoten aanwezig zullen zijn. Open ramen worden gedetecteerd en de dakramen in de serre gaan automatisch open en dicht als het regent of als de temperatuur moet worden geregeld. De programmering moet soms worden aangepast bij veranderende gedragspatronen – zoals bij meer thuiswerken.

Als de zonnepanelen meer energie leveren dan je verbruikt, is dat het juiste moment om een apparaat aan te zetten

Zet je servers uit en schakel ze in via Wake-on-LAN

Qua optimaliseren van de verwarmingskosten blijft er niet veel meer over. We kunnen alleen meer besparen door de slechts vier jaar oude cv-ketel te vervangen door een warmtepomp. Maar dat is op korte termijn niet haalbaar.

SLUIPVERBRUIKER

Bij het elektriciteitsverbruik lagen de zaken anders. Ook hier dachten we goed bezig te zijn: de meeste verlichting gebeurt met spaar- of ledlampen. Resterende gloeilampen worden vervangen door leds wanneer ze doorbranden. Toch was ons jaarlijkse verbruik maar liefst 11.000 kWh. Dat krijg je als in de kelder een grote server draait, er zeven pc's draaien en in de werkplaats cirkelzagen, freesmachines enzovoort urenlang gebruikt worden. Maar moest het zoveel blijven?

Het installeren van zonnepanelen en een thuisaccu was aanleiding dit onder de loep te nemen. Bij dat systeem hoorde een app waarop we ons elektriciteitsverbruik en de hoeveelheid geproduceerde energie konden aflezen. We wilden het energieverbruik graag optimaliseren. 's Middags, wanneer de zonnepanelen meer energie leveren dan we opslaan of verbruiken, zou het juiste moment zijn om de vaatwasser of wasmachine aan te zetten. Op minder rendabele zonnedagen bleek de capaciteit van de 18kWh-accu niet genoeg om het huis 's nachts van opgeslagen stroom te voorzien. Dus namen we een kijkje bij de verbruikers die 's nachts draaien. De eerste opvallende energievreter was de server. Moest die echt 24/7 draaien? Natuurlijk niet, maar het was wel zo handig.

Als eerste compromis werd de server 's nachts tijdelijk uitgeschakeld. Doordeweeks

was er toch al geen gegevenstoegang tussen middernacht en zes uur 's ochtends. Nog zuiniger was de server alleen in te schakelen wanneer dat nodig was (via Wake-on-LAN). Maar dat bleek te lastig – het opstarten van zo'n server kost immers de nodige tijd.

Tijdens de zoektocht naar onnodige verbruikers kwamen we iets anders op het spoor: de vriezer in de kelder. Ongemerkt was deze defect geraakt en draaide het oude toestel uit 2000 bijna de hele tijd op volle toeren. In plaats van de gewenste -18 graden was het -24 graden en de compressor verbruikte bijna continu 170 watt. Over de hele dag was dat net geen 4 kWh. Een nieuw relais en enkele vervangen elektrolytische condensatoren later was de energiehonger van de vriezer getemd en ruim onder een kilowattuur per dag. Op middellange termijn is hij echter aan vervanging toe. Moderne vriezers van dezelfde grootte verbruiken tegenwoordig slechts half zoveel energie, maar kosten tot 1000 euro.

We konden geen andere grote verbruikers in huis vinden die uitgeschakeld konden worden. Als de ketel, het fornuis of andere apparaten in werking waren, had dat een goede reden. Toch zullen we ons energieverbruik in de gaten blijven houden. Wellicht kan de monitoring hier worden geautomatiseerd, zodat verbruikspatronen die afwijken van de norm niet meer zo lang onopgemerkt blijven, zoals de vriezer met zijn extreme koelbehoefte.

Ook als je zelf denkt het goed voor elkaar te hebben, kan het geen kwaad de apparatuur en instellingen in huis zorgvuldig na te lopen. Misschien is de mechanische huisventilatie oud en verbruikt die stiekem veel energie. Of er is nog een automatisch programma actief dat niet meer van toepassing is. Goede monitoring kan helpen onnodige verbruikers of defecten op te sporen. In de volgende artikelen lees je meer over mogelijke besparingen en comfortabele monitoring.

De complete gids voor Windows 11



Ontdek wat je met Windows 11 kunt.

Na het installeren van de nieuwe Windows-versie kun je er meteen mee aan de slag. Ontdek daarbij alle mogelijkheden van Windows 11, zet het systeem naar je eigen hand, leer werken met de apps, zorg voor een optimale beveiliging en zie hoe je problemen snel kunt oplossen.

€ 12,99

Bestel nu op www.ct.nl/windows-11



Scan &
bestel



Illustratie Andreas Martini

BESPAARTECHNIEK

Elektriciteit besparen bij IT, elektronica en (smart)home

Door de flink gestegen energieprijzen groeit het besef dat een hoog verbruik drukt op je budget. Energie zal duur blijven, dus is het belangrijk om zoveel mogelijk te besparen. Dit artikel helpt je besparingsmogelijkheden te vinden en te benutten. Je ontkomt misschien niet aan wat gedragsveranderingen, we noemen hier de meest effectieve.

Jörg Wirtgen en Marco den Teuling

Verwarming, vervoer, huishoudelijke apparaten, alle elektronica in huis – in die volgorde dragen ze bij aan je energiekosten. Voor de meeste gebruikers vooral de laatste twee punten aan de orde. Ook bij elektrisch verwarmen of rijden is het toch zinvol hiernaar te kijken.

De leveringskosten van elektriciteit zijn weliswaar maar een deel van de kosten, in Nederland mede door hoge belastingen (38%) een aandeel van slechts 41%. In België is het aandeel leveringskosten circa 70%. Aangezien de belastingen per kWh worden geheven, helpt elektriciteit besparen echter ook met het verlagen van andere kosten. Alleen de IT-apparatuur in huis zorgt al gauw voor 4% van het jaarlijkse totaal, bij c't-lezers zal dat waarschijnlijk meer zijn. Zo hebben tv's met circa 8% een groot aandeel in het elektriciteitsverbruik. Maar met dergelijke statistieken en veronderstellingen kom je nergens, je kunt beter zelf concrete metingen doen en kijken naar afzonderlijke apparaten. In c't 11/2022 hebben we op pagina 48 [eenvoudige stekker-meetapparaten getest](#) en in c't 1-2/2023 hebben we schakelbare contactdozen met meet- en statistische functies onder de loep genomen. Zo kun je afzonderlijke apparaten ontmaskeren als energievreters – of ze vrijpleiten als onschuldig.

Stand-byverbruik is interessant: je moet niet alleen je IT-park en entertainmentelektroonica onder de loep nemen, maar ook andere apparaten die constant in het stopcontact zitten, zoals lampen, wekkerradio's en keukenapparatuur – en alle apparaten die je met een afstandsbediening inschakelt. Vooral oudere apparaten zijn verdacht. Elke stand-by-watt kost je 3,50 euro per jaar bij een elektriciteitsprijs van 40 ct/kWh, waar we hier vanuit gaan. Afhankelijk van je energiecontract kan dat nog meer zijn. Onderzoek apparaten die lang of constant aanstaan door de toestellen enkele uren of dagen te meten. Hieronder vallen

Elke stand-bywatt kost je 3,50 euro per jaar bij een elektriciteitsprijs van 40 ct/kWh

vooral koelkasten, vriezers en apparaten die langdurig water verwarmen zoals boilers, koffiezetapparaten en waterkokers, maar ook routers en repeaters.

Voor apparaten die niet permanent worden gebruikt, loont het de moeite om samen met je huisgenoten een realistische inschatting te maken van de gebruiksduur. Meet alle apparaten die aanzienlijk meer dan een uur per dag of 10 uur per week draaien en extrapol eer ze over het jaar. Een tv van 100 watt die 25 uur per week wordt gebruikt, kost bijvoorbeeld ruim 50 euro per jaar. Koffie warmhouden op een koffiezetter loopt al snel op tot 160 euro (1000 watt × 2 uur × 200 dagen). Een thermosfles of koffiezetapparaat met uitschakeling verdienen zichzelf snel terug. Het is ook interessant om te weten hoeveel een woning stofzuigen, een uur Playstation inclusief tv of verschillende wasmachineprogramma's kosten.

TOTAALOVERZICHT

Sommige stopcontacten zijn echter niet zo gemakkelijk te bereiken, en direct op het net aangesloten apparaten zoals inbouwfornuizen of plafondlampen kun je niet op deze manier meten. In dat geval kunnen tussenmeters voor de groepenkast met afleesfuncties helpen. Op basis van het installatiepunt en type kun je bijvoorbeeld een bepaalde DIN-rail of hele installatieautomaat meten. Ze zijn verkrijgbaar als driefasige meters voor de hele aansluiting of bijvoorbeeld een eigen laadpaal. Je kunt eenfasemeters installeren achter individuele zekeringen en de stroom die erover loopt meten. In flats waar geen aftakkingen voor de huisaan-

sluiting zijn of bijvoorbeeld voor eigen kelders met apparatuur is dit lastiger en kun je dit via verhuurder of VvE proberen te regelen. De installatie van tussenmeters moet je overlaten aan een elektricien.

Heb je nog een elektriciteitsmeter met draaischijf of led-puls, dan zijn er apparaten die deze middels een optische sensor doorlopend kunnen uitlezen (bijvoorbeeld van [Youless](#) en [EnergyFlip](#)). Een andere techniek werkt via sensorklemmen rond de elektriciteitsleidingen die het magneetveld meten. De apparaten kunnen doorgaans worden gekoppeld aan de cloud of een mobiele app om de gegevens te bekijken. Sommige kunnen via usb op een laptop of ander systeem worden aangesloten om de afgelezen waarden vast te leggen of als input voor een smarthome-omgeving te gebruiken. Bij flats of appartementen is dat soms moeilijker, omdat de meters zich in kelderruimtes zonder internet en soms zonder elektriciteit bevinden.

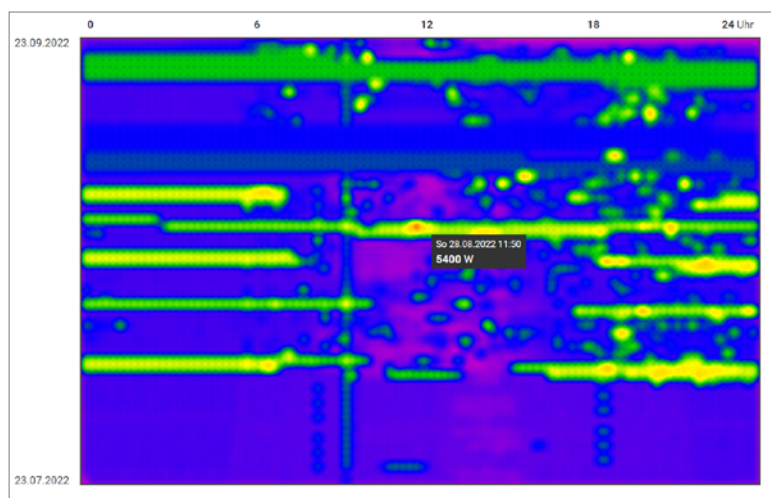
Heb je de door EU-regels flink aangemoedigde ‘slimme’ meter al in de meterkast, dan kun je die vrij makkelijk koppelen aan andere uitleesapparatuur. In Nederland moeten

slimme meters volgens de Dutch Smart Meter Requirements (zie kader met links bij dit artikel) via een RJ12-connector aangesloten kunnen worden op je eigen apparatuur.

Deze P1-poort moet de seriële RS422 standaard volgen. Ook de dataoverdracht via deze connector is gespecificeerd. Daardoor kun je bijvoorbeeld met een [Raspberry Pi](#) en software zoals [DSMR-reader](#) of [P1Monitor](#) in detail zelf je energieverbruik registreren. Je eigen kabels en software maken op basis van de standaard is ook een optie, of de gegevens koppelen aan smarthome-oplossingen als [Home Assistant](#) en [OpenHAB](#).

In België wordt eveneens de DSMR-standaard (versie 5) gehanteerd, maar de P1-poort staat na installatie van de meter uitgeschakeld. Via je netbeheerder kun je de poort laten activeren, bij Fluvius kan dat bijvoorbeeld online (zie links). In België vind je op slimme meters ook de S1-poort, die weliswaar dezelfde connector gebruikt maar vaker data doorstuurt.

Met deze telmethoden wordt het energieverbruik nog niet precies uitgesplitst naar de afzonderlijke apparaten, maar kun je wel heel precies zien hoe het hele verbruik over tijd



Deze heatmap toont het elektriciteitsverbruik over een maand in groen, geel en rood en teruglevering van zonnepanelen in paars. Groene lijnen zijn continu-verbruikers, verticale lijnen zijn verbruikers die dagelijks om dezelfde tijd actief zijn.

verandert. Teruggeleverde energie wordt ook geregistreerd, dus als je zonnepanelen hebt, laten dergelijke metingen zien op welke momenten je overschot hebt voor bepaalde gebruiksscenario's.

CONCLUSIE

Elektriciteitsbesparing gaat meestal hand in hand met geldbesparing en duurzaamheid,

maar het zal niet altijd mogelijk zijn de drie aspecten te combineren. Het is zelden zinvol om een functionerend apparaat alleen vanwege het hoge elektriciteitsverbruik te vervangen. Besparingsmaatregelen die eerder overbodig leken kunnen nu zinvol zijn, sommige eerdere keuzes moet je door gewijzigde omstandigheden misschien heroverwegen. Wees constructief, wees creatief.

ct

Links bij dit artikel

- Netbeheer Nederland – Dutch Smart Meter Requirements
- P1-poort activeren bij netbeheerder Fluvius
- Salderingsregeling zonnepanelen (Nederland)
- VREG België, met info over capaciteitstarief
- Subsidieregeling thuisbatterijen (Vlaanderen)

Wil je buiten jouw gebaande IT-paden gaan?

Met een c't abonnement krijg je:

- Uitgebreide onafhankelijke tests, diepgaande achtergronden en workshops op niveau
- Verrassende onderwerpen om je kennis te verbreden
- Toegang tot de digitale versies en pdf's om te archiveren

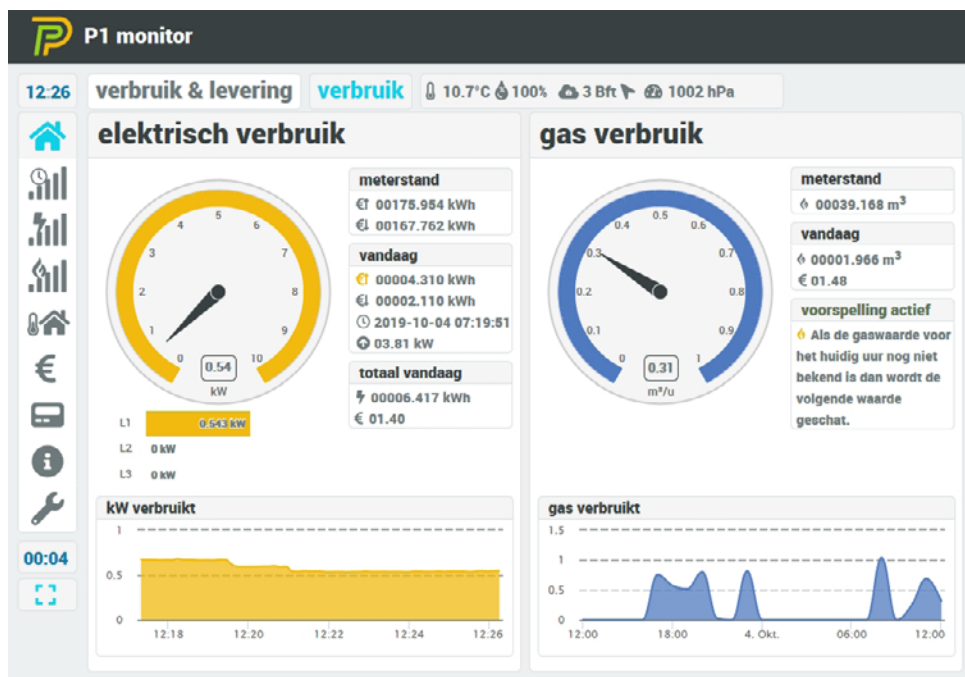
Ontvang
5x c't magazine
voor
30,-



Abonneer je nu via www.ct.nl/abo

of bel naar +31 (0)24 2027 825

Je abonneert tot wederopzegging en voor ten minste de actieperiode van 5 nummers. Na afloop van de actieperiode geldt de reguliere abonnementsprijs en is het abonnement per kwartaal opzegbaar. Opzeggen is heel eenvoudig en kan via onze klantenservice. Alle genoemde prijzen zijn onder voorbehoud. Kijk voor de meest actuele aanbiedingen op www.ct.nl/abo



P1MONITOR OP DE PI

Bekijk je energieverbruik

Als er bij jou thuis een slimme meter geïnstalleerd is, heb je met een Raspberry Pi een simpele mogelijkheid om het verbruik aan gas en stroom realtime te monitoren.

Noud van Kruysbergen

Een slimme meter heeft het voordeel dat het verbruik automatisch geregistreerd wordt, en je dus geen meterstanden meer door hoeft te geven aan je energieleverancier. Omdat zo'n beetje iedere slimme meter een P1-

poort heeft, al dan niet verborgen achter een klepje, kun je data over je energieverbruik makkelijk monitoren. Daar heb je niet meer voor nodig dan een [Raspberry Pi](#), de software [P1-monitor](#) en een kabeltje van P1 naar USB.

Om met dat laatste te beginnen, die zijn te koop voor zo'n twintig euro. Verder vallen de kosten mee: een oudere Raspberry Pi heb je wellicht nog in de la liggen, en de software P1 Monitor is gratis te downloaden. De P1-software is ook geschikt voor een Raspberry Pi 4. Na het downloaden – onthoud ook even het bijbehorende wachtwoord – zet je de image op een sd-kaart van minimaal 8 GB, sluit je de Pi met een netwerkkabel op je netwerk aan en maak je bijvoorbeeld via SSH contact met het account **p1mon** het wachtwoord **verandermij**.

Maar je kunt ook naar de webinterface van P1monitor gaan op het adres <http://<ip-adres-van-je-pi>>. Als je inlogt, kun je via het steek-sleuteltje linksonder in het menu naar de instellingen.

De snelheid van de P1-poort staat standaard op 9600-7E1, dat moet je bij het menu 'P1-poort' aanpassen afhankelijk van de meter die je hebt – bij ons was dat 115200-8N1. Je kunt bij de instelling ook je verbruiks- en vastrecht-tarieven opgeven, dan wordt ook automatisch berekend hoeveel je energieverbruik kost.

ALLES IN BEELD

De webinterface laat je zien wat het momentane stroom- en gasverbruik is. Daaronder een overzichtje van de laatste tijd. De grafieken worden iedere tien seconden bijgewerkt. Je kunt ook overzichten laten weergeven van het stroomverbruik per minuut van het laatste kwartier tot en met de laatste 24 uur, maar ook in uren, maanden, dagen en zelfs jaren – al zal dat nog een vrij lege grafiek zijn.

Het euroteken in het menu leidt tot een weergave van de kosten van bijvoorbeeld de dagen van de laatste maand. Die kosten worden netjes opgebouwd in kleuren weergegeven op basis van de ingestelde tarieven.

Als je op openweathermap.org een account aanmaakt, kun je ook de lokale weerinformatie op de webinterface van P1monitor laten zien.

ZONNEPANELEN

Als je huis over zonnepanelen beschikt, kun je met P1monitor mooi zien hoeveel energie die opleveren. Op het tabblad 'verbruik en levering' van de Home-pagina staat naast een verbruiksmeter dan ook een groene wijzer die aangeeft hoeveel stroom er teruggeleverd wordt en is. Je kunt (nog?) niet instellen hoeveel je voor de teruggeleverde stroom terugkrijgt, wat natuurlijk wel relevant wordt als de saldering op een gegeven moment niet meer één op één is.

EXTRA INSTELLINGEN

Je kunt aangeven of je wilt dat configureren via internet mogelijk is. Als je dat uitzet, kun je van buitenaf wel naar het verbruik kijken, maar krijg je de instellingenknop niet te zien.

Ook kun je een wifi instellen indien er op de plek waar de meter hangt geen netwerkaansluiting is. Omdat de meter vaak in de gangkast zit waar ook de router staat, is een vaste verbinding net zo makkelijk en vaak betrouwbaarder.

Je kunt ook regelmatig een back-up van de verbruiksdata laten maken via FTP of naar Dropbox. Geëxporteerde bestanden kun je bij een andere P1monitor weer importeren.

P1monitor is al met al een handige manier om inzicht in je energieverbruik te krijgen. Dan kun je zien waar nog wat valt te winnen ... **ct**



Achter het klepje zit de data-aansluiting in de vorm van een P1-poort.



VOLLEDIG ONTSPANNEN

Energieverbruik, lawaai en warmte reduceren met undervolting

Hittegolven zoals in de afgelopen zomers zullen ongetwijfeld nog vaker voorkomen. En als je dan in je thuishkantoor zit, wil je dat je IT-apparatuur de werkkamer zo min mogelijk laat opwarmen en ventilatoren niet langdurig op volle toeren draaien. Dat belemmert de concentratie. Verlaag daarom de spanning (undervolting).

Carsten Spille en Noud van Kruysbergen

Desktop-pc's en laptops zetten het grootste deel van hun energieverbruik om in warmte. Dat varieert van minder dan vijf watt voor een laptop in ruststand tot enkele honderden watts voor een stevig uitgeruste gaming-pc onder volledige belasting. Werken op een lagere spanning – undervolting – helpt om de warmteproductie te verminderen en het lawaai te reduceren kan zelfs enkele euro's per jaar besparen aan elektriciteitskosten.

Veel geoptimaliseerde zakelijke computers, die het grootste deel van de dag staan te wachten op input van hun gebruikers of om de paar minuten checken of er nog mail is, hebben genoeg aan een paar watt. Laptops zijn meestal ook zeer zuinig. Het poten-

tiel door undervolting is daarbij vrij laag. Als in het thuiskantoor echter de gezins-pc staat te draaien of als de gaming-pc van de kids aan het zwoegen is, komt er vaak aanzienlijk meer warmte vrij.

Dat komt omdat er vaak oudere componenten in die pc's zitten zonder geavanceerde energiebesparende functies of in de gamecomputer juist bijzonder krachtige componenten zitten die veel elektriciteit verbruiken. Dat geldt vooral wanneer de pc productief wordt gebruikt en daadwerkelijk permanent onder hoge belasting moet werken – zoals bij videotranscodering of bij 3D-rendering, maar ook bij gaming. Dan kan zelfs een enkele pc een kleine werkkamer merkbaar opwarmen.

ASUS UEFI BIOS Utility – Advanced Mode

07/07/2020 Tuesday 07:40 English MyFavorite(F3) Qfan Control(F6) EZ Tuning Wizard(F11) Hot Keys

My Favorites Main **AI Tweaker** Advanced Monitor Boot Tool Exit

Min. CPU Cache Ratio Auto

Max CPU Cache Ratio Auto

BCLK Aware Adaptive Voltage Auto

CPU Core/Cache Voltage Offset Mode

- Offset Mode Sign -

- CPU Core Voltage Offset 0,115

DRAM Voltage Auto

CPU VCCIO Voltage Auto

CPU System Agent Voltage Auto

PCH Core Voltage Auto

CPU Standby Voltage Auto

[+]: Offset the CPU core voltage by a positive value.
[-]: Offset the CPU core voltage by a negative value.

Hardware Monitor

CPU

Frequency 4000 MHz Temperature 25°C

BCLK 100.0000 MHz Core Voltage 1.040 V

Ratio 40x

Memory

Frequency 3466 MHz Voltage 1.216 V

Capacity 32768 MB

Voltage

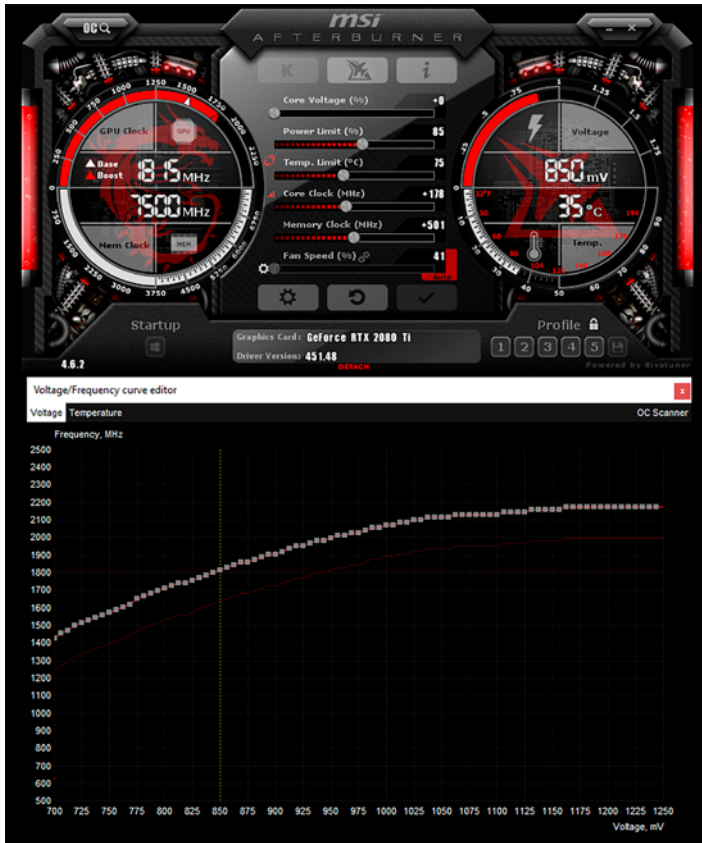
+12V 12.288 V +5V 5.040 V

+3.3V 3.360 V

Version 2.17.1246. Copyright (C) 2019 American Megatrends, Inc.

Last Modified | EzMode(F7) | Search on FAQ

Met een negatieve spannings-offset kun je de energiehonger van de processor onder belasting aanzienlijk afremmen. De computer loopt dan koeler en dus stiller.



Ondanks de naam werkt de tool MSI Afterburner met grafische kaarten van alle fabrikanten. Hij maakt het mogelijk om de curve te fixeren op een lager spanningspunt en daarmee het energieverbruik onder belasting aanzienlijk te verminderen.

Maar de warmteafgifte zorgt voor nog meer problemen. Om te voorkomen dat die zich op-hoopt, ventileren de ventilatoren de pc of lap-top en houden ze de componenten binnen het niet-kritische temperatuurbereik. Hoe meer warmte er vrijkomt, des te sneller de venti-latoren draaien en des te luider en irritanter het lawaai wordt. Bovendien moet een even-tueel in bedrijf zijnde airconditioning, vooral in de zomer, die afvalwarmte ook nog eens af-voeren – en dat resulteert in een verdubbeling van de elektriciteitskosten voor die post. Be-heerders van supercomputers kunnen je daar wel het een en ander over vertellen.

Voor veel pc's en sommige laptops hoeft je als remedie slechts een enkele BIOS-instel-

ling aan te passen of een paar keer te klikken in een stuurprogramma of diep in een hulp-programma. De meeste cpu's en grafische chips draaien op een hogere kernspanning dan nodig is, omdat de fabrikanten ervoor willen zorgen dat alle chips de beloofde klok-frequenties bereiken – ook de door fabricage-toleranties goedgekeurde zwakkere exem-plaren. Helaas heb je niet bij alle pc's toegang tot het BIOS of kan dit worden ingesteld op de gewenste instellingen.

Zelfs al spaart undervolting de pc-com-ponenten eigenlijk, het is strikt genomen een gebruik buiten de specificaties, zodat in the-orie zelfs de garantie vervalt. Daarnaast zijn tijdens het experimenteren om de maximale

spanningsreductie te onderzoeken, crashes gebruikelijk. Als je met undervolting aan de slag gaat, werk dan zeker in het begin niet zonder een vangnet – met andere woorden: zorg dat je een back-up van je bestanden maakt, bij voorkeur een complete image van de harde schijf of ssd. Of gebruik een aparte datadrager tijdens je experimenten.

In het algemeen zijn computerprocessors met een nominaal energieverbruik van 35 tot meer dan 200 watt een goed uitgangspunt voor undervolting. Bij gaming-pc's met hoogwaardige apparatuur kan het ook de moeite waard zijn om een blik te werpen op de grafische kaart.

ZO WERKT HET

Voor cpu's zijn aanpassingen in de BIOS-setup de methode bij uitstek, omdat dat werkt onafhankelijk van het gebruikte besturingsstelsel en je de allereerste boottest kunt uitvoeren zonder dat er een harde schijf of ssd aangesloten hoeft te zijn. Voor grafische kaarten – en dan hebben we het over Nvidia's GeForce en AMD's Radeon – zijn hulpprogramma's en stuurprogramma's nodig.

Meestal staan in het overklokmenu van het moederbord de gewenste aanpassingsmogelijkheden bij elkaar. Afhankelijk van de fabrikant heeft dat menu meer of minder melodieuze namen, zoals AI Tweaker bij Asus, M.I.T. of Tweaker bij Gigabyte en een verfrissend eenvoudig OC bij veel MSI-borden.

De letterlijk meest spannende functie die er is, is CPU Vcore, ook wel CPU Core Voltage genoemd. Die bepaalt welke spanning de processor als hoofdverbruiker geleverd krijgt. Hoe lager die is, des te minder warmte de processor produceert. Op het eerste gezicht lijken de weergegeven spanningen al vrij laag te zijn met iets meer dan 1 volt. Aangezien de spanning echter kwadratisch wordt meegenomen in de berekening van het energieverlies, is het de moeite waard om die iets te verlagen.

Het is het makkelijkst om een vaste spanning in te stellen (een zogeheten override). De waarde die daarbij ingesteld wordt, is continu aanwezig, dus ook bij een nullast. Dat had als resultaat dat het energieverbruik bij de test juist verdubbelde op momenten dat de pc niets te doen had. Aangezien dat voor onze

Voor beginners en voorzichtige gebruikers

Als je je niet meteen vol in de BIOS-tuning wilt storten, kun je ook gebruik maken van gedefinieerde prestatiesjablonen. Voor AMD-processors selecteer je een zogeheten cTDP die is opgeslagen in het BIOS, wat meestal 45 watt is voor 65W-modellen en 65 watt voor 95/105W-cpu's. Dit kan wel performance kosten bij volledige belasting.

Intel heeft deze eenvoudige voorinstellingen niet, maar bij veel BIOS-set-ups kun je twee vermogenslimieten op de watt nauwkeurig instellen: PL1 en PL2 voor langere- en

kortetermijnbelasting [1]. PLTau of het Package Power Time Window bepaalt de duur.

AMD biedt op zijn website de [Ryzen Master Tool](#) voor Windows voor zijn Ryzen-processors, en Intel heeft de XTU ([eXtreme Tweak Utility](#)) voor zijn processors als download klaar staan. Je kunt de bovengenoemde instellingen daar ook mee wijzigen.

Hetzelfde geldt voor grafische GeForce- en Radeon-kaarten, waarvan de vermogenslimiet kan worden verlaagd of verhoogd met de tuning-utility [MSI Afterburner](#).

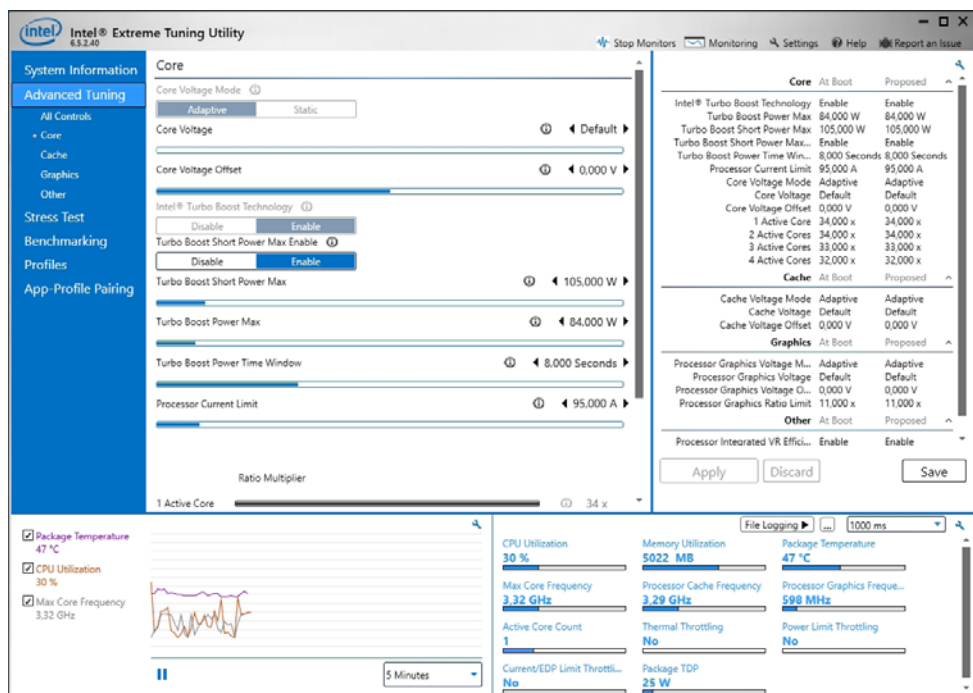
doelinden juist contraproductief is, hebben we die optie voor dit artikel onmiddellijk van de hand gewezen.

De volgende optie is al zinvoller, namelijk het instellen van een kleine marge via Offset. Dat is een vast getal dat wordt opgeteld of afgetrokken van de door de processor in de betreffende bedrijfstoestand via de Voltage ID gevraagde spanning. Om ervoor te zorgen dat het systeem zich ook aan die waarde houdt, moet je ook de Load Line Calibration (LLC) zo instellen dat de spanning onder belasting (Vdroop) niet nog verder afneemt. Of daar een hogere of lagere LLC-waarde voor nodig is, verschilt van moederbord tot moederbord. Alleen een kijkje in de handleiding of de helpfunctie van het UEFI kan je daarbij helpen. Bij een Asus ProArt Z490 Creator 10G die we hebben uitgeprobeerd, moesten we de

LLC-waarde bijvoorbeeld op 7 zetten voor een stabiele spanning.

Omdat de cpu zowel de idle-toestand als de hoge kloksnelheid met single-core-turbo aan moet kunnen inclusief de offset, zijn de marges voor moderne Intel-processoren relatief beperkt met ongeveer 0,1 volt speelruimte. AMD-cpu's uit de Ryzen-serie konden bij de test een sterkere 0,15 volt daling aan. Alleen pasten deze cpu's vanaf het begin af aan ook een hogere spanning toe van meer dan 1,3 volt.

De krachtigste optie is de adaptieve variant met offset, maar dat wordt vooral interessant in combinatie met overklokken. Afhankelijk van je moederbord kun je een vaste waarde voor de spanning onder belasting instellen, om bijvoorbeeld veilig een bepaalde klokfrequentie te bereiken. Tegelijkertijd



Met de Extreme Tuning Utility van Intel kun je de spanningen van een Intel-processor veranderen zonder daarvoor het BIOS in te hoeven duiken.

vermindert de offset (die ook wordt toegepast op de afzonderlijk gespecificeerde belastingspanning) het energieverbruik in de ruststand.

Begin met een offset van -0,05 volt en ga steeds een stukje verder omlaag. Controleer van tijd tot tijd de stabiliteit van de computer. Dat kun je het beste doen met programma's die hun numerieke resultaten op juistheid controleren – [Prime95](#) met de Torture-test-instelling Small FFTs is daar net zo effectief voor als het berekenen van enkele miljarden decimalen van pi met het programma [y-Cruncher](#). Als de computer stabiel loopt, verlaag je de spanning nog een stap.

Als de spanning te laag wordt en de computer niet meer opstart, neemt een BIOS-automatisme het meestal over en herstelt na enkele mislukte pogingen de laatste werkende toestand. In het ergste geval koppel je de computer los van de stroom en reset je het BIOS met behulp van een jumper. Je kunt ook de BIOS-batterij verwijderen en dan zonder batterij meerdere malen op de powerknop drukken om de spanning van de condensatoren te ontladen en het BIOS naar de fabrieksstatus te dwingen.

WAT LEVERT HET OP?

In plaats van een enkelvoudige meting hebben we besloten om het resultaat van de undervolting te bepalen aan de hand van het energieverbruik bij een bepaalde taak. Daarvoor moesten de processoren de demoscène classroom berekenen met [het renderingprogramma Blender](#). De energiemeter LMG-95 hield daarbij het aantal verbruikte watturen bij.

Op je eigen computer kun je met Windows 10 met bijvoorbeeld het programma [HW-Info64](#) kijken wat het oplevert. Daarvoor klik je in het hoofdvenster op de knop Sensors, waarna zich een lange lijst van uitleesbare

systeemsensoren opent. Daaronder bevindt zich de CPU Package Power (Intel) of de SoC Power voor AMD-systemen. Als je geen energiemeter voor de stekkerdoos hebt, installeer dan de tool XTU van Intel of Ryzen Master van AMD om een vergelijkbaar overzicht te krijgen.

We hebben onze test gedaan met de tien-core processor Core-i-10900K, die bijzonder hoog geklokt is, op een Asus ProArt Z490-Creator 10G moederbord. Verder hebben we de test ook uitgevoerd met een Ryzen 9 3950X-processor met 16 kernen op een Giga-byte Aorus X570 Master moederbord, en met de oudere zes-core processor Core i7-8700K op een MSI Z370 Gaming Pro Carbon. Voor het berekenen van de classroom-scène had het systeem met de Core i9-10900K met de fabrieksinstellingen 23,2 Wh in 7 minuten en 33 seconden nodig. Geoptimaliseerd met een offset van -0,1 volt was dat slechts 20,8 Wh (-10 procent). Daarbij was het systeem zelfs 13 seconden sneller klaar, omdat de processor zijn temperatuurafhankelijke turbo langer kon aanhouden door de lagere spanning en lagere warmteontwikkeling.

Zijn oudere broer gedroeg zich heel gelijkwaardig, maar op een trager en minder efficiënt niveau: bij -0,115 volt kwamen we tot 27,1 Wh in plaats van 29,6 Wh (-8 procent). De Ryzen 9 3950X had slechts 1,05 volt nodig om stabiel te draaien op 3,9 GHz, maar dat bespaarde ongeveer 15 procent ten opzichte van de fabrieksinstelling (12,1 Wh in plaats van 14,1 Wh). Het systeem was ook een paar seconden eerder klaar met het renderen van de scene dan zonder undervolting.

GRAFISCHE KAARTEN

Grafische kaarten hebben ook een processor, die dezelfde principes als de cpu gebruikt. Het verlagen van de spanning vindt bij hen plaats via de driver of een tuning-utility. We hebben

Op je eigen computer kun je met het programma HWInfo64 kijken wat het oplevert

dat onder Windows 10 eens uitgeprobeerd. Als je een van de Radeon-kaarten van AMD uit de serie RX-Vega of RX-5000 hebt, dan gaat dat het makkelijkst. In het driver-panel zit een knop voor de automatische undervolting. Dat alleen al kan een paar watt vermogen besparen en de ventilatoren van de luide referentiekaarten beduidend langzamer en stiller laten lopen. In sommige gevallen worden de kaarten zelfs wat sneller, omdat ze hun kloksnelheid meestal verlagen wanneer de TDP-limiet bereikt wordt en dit gebeurt dan later of helemaal niet. Als je een oudere Radeon-kaart hebt zoals de RX 400/500 of hun voorgangers, moet je je toevlucht nemen tot een handmatige voltageaanpassing.

Nvidia maakt het voor GeForce-gebruikers niet zo makkelijk, maar biedt in ieder geval API-toegang tot de benodigde driverfuncties. Daarom moet je een tuningtool installeren zoals [MSI Afterburner](#), die ook werkt met kaarten van andere fabrikanten (het mee installeren van de RivaTuner Statistics Server kun je voor het doel van dit artikel annuleren).

Klik op het tandwiel in het midden en activeer de spanningscontrole en -bewaking met twee vinkjes bij 'Geef voltage controle vrij' en 'Geef voltage toezicht vrij' op het tabblad 'Algemene instellingen'. Na een herstart kun je met Ctrl+F de spanningscurve van kaarten uit de GeForce 1000-serie direct naar boven bijstellen.


Een klik op een van de kleine vakjes selecteert de juiste combinatie van spanning (X-as) en kloksnelheid (Y-as). In het begin is 0,9

volt een goede keuze gebleken, wat meestal overeenkomt met een waarde tussen 1700 en 1800 MHz. Druk dan op de L-toets (voor lock) om die waarde vast te zetten. Door de Shift-toets ingedrukt te houden, kun je de volledige curve omhoog (OC) of omlaag bewegen, maar het is aan te raden om eerst slechts één variabele – spanning of frequentie – te wijzigen.

Controleer ook hier de stabiliteit. De [Folding@home](#) GPU-client is heel praktisch voor dat doel, omdat hij comfortabel op de achtergrond loopt en rekenfouten ten gevolge van lage spanningen herkent aan ongeldige work units.

Als je een geschikte combinatie van frequentie en spanning hebt gevonden en die stabiel is, moet je deze opslaan als profiel in Afterburner en laden wanneer dat nodig is. Want ook hier geldt: een vaste (maximale) spanning verhoogt het energieverbruik in de ruststand aanzienlijk. Als dat te lastig voor je is, kun je ook gewoon in het hoofdvenster van Afterburner de Power Limit in procenten veranderen – dat heeft alleen invloed als de grafische kaart zwaar belast is.

CONCLUSIE

Met undervolting kan het energieverbruik van een pc merkbaar verlaagd worden. De spanningen voor processors kunnen bij veel BIOS-set-ups gemanipuleerd worden, maar bij een grafische kaart is meestal het gebruik van een tuningtool nodig. Voor beide geldt dat je eerst even moet experimenteren om de juiste instellingen te vinden, waarbij crashes en freezes kunnen optreden. Als je computer eenmaal met undervolting werkt, werkt hij voortaan koeler, zuiniger en stiller. 

Literatuur

[1] Christian Hirsch, Kernsmelting, [Trucs van moederbord-fabrikanten voor de processorperformance](#), c't 5/2019, p.130

Nieuw van c't: Windows praktijkhandboek

In het Windows Praktijkhandboek gaan we in op de verschillen tussen Windows 10 en 11, hoe je over kunt stappen – en ook hoe je weer teruggaat naar de oude versie. Daarnaast maak je kennis met alternatieve startmenu's, virtualisatieprogramma's en Windows Sandbox, tonen we de voordelen van Active Directory voor je netwerk en nog veel meer!

Een speciale editie vol handige tips, trucs en tools om alles uit Windows te halen



€12,95

Bestel nu op www.ct.nl/special



Scan
& bestel