

# 1 Radiator Folie 1

In dit artikel proberen we de mogelijke besparingen als gevolg van het aanbrengen van radiatorfolie te kwantificeren. Er zijn weinig goede onderbouwingen van deze besparingen te vinden, hooguit vinden we een aantal globale getallen die vervolgens als absolute waarheid door Jan en Alleman worden overgenomen.

Dit artikel laat zien dat de besparingen die te behalen zijn met het aanbrengen van radiatorfolie in het algemeen sterk worden overdreven. Er zijn zelfs een aantal situaties waarin het aanbrengen van radiatorfolie averechts werkt, dus in die gevallen wordt er méér energie verbruikt nadat de radiator folie is aangebracht. Er is een beperkt aantal (wetenschappelijke) artikelen over radiatorfolie geschreven, die vervolgens ook allen tot dezelfde conclusie komen.

Omdat zowel de positieve als de negatieve effecten gering zijn, is het overigens niet iets om je heel druk over te maken. Echter mensen blij maken met een dode mus (veel meer besparing beloven dan in werkelijkheid kan worden behaald) is nooit goed en zeker niet in het verduurzamingstraject waarin mensen overtuigd moeten worden om in de nabije toekomst nog vele, zelfs veel grotere, stappen te zetten.

In dit artikel wordt duidelijk gemaakt wanneer de effecten positief zijn, hoe je er eventueel alsnog voor kunt zorgen dat de effecten positief worden en wordt ten slotte uitgelegd wat de ideale radiatorfolie is.

In het programma EcoMok kunt u uw eigen gegevens invullen, waarna dat programma met de formules uit deze notitie de besparing (of de extra energieverstopping) zal berekenen. Het programma EcoMok is te vinden ....

Er wordt gebruik gemaakt van het eerder geschreven programma Heat\_Convection.py, dat in staat is warmtestromen als gevolg van convectie in zowel vrije lucht als geforceerde stroming exact te berekenen.

juni-2020, Stef Mientki

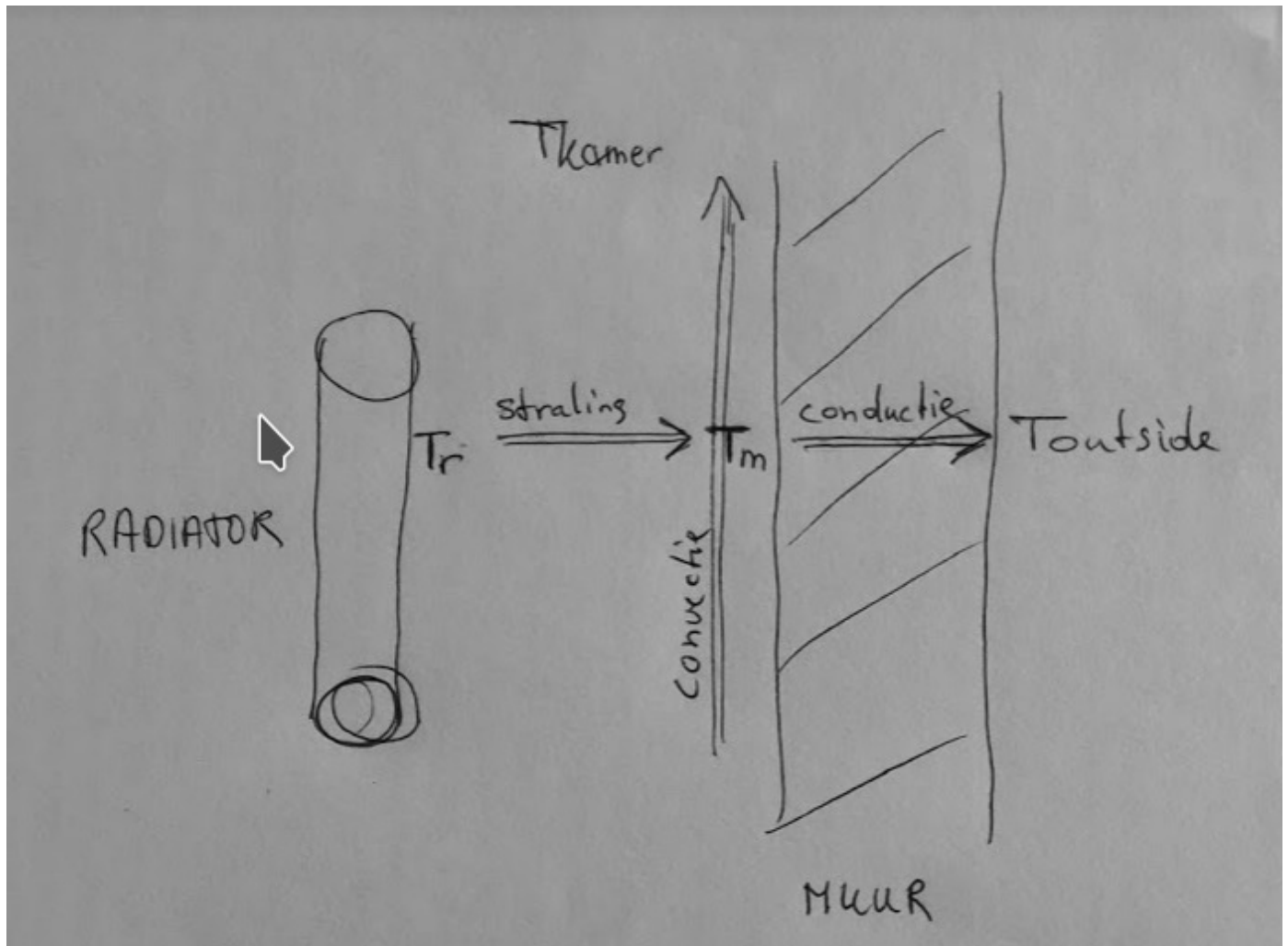
## 2 Imports

## 3 Model

Voor het bekijken van het effect van het toepassen van Radiator Folie zijn we alleen geïnteresseerd in de warmte die door de muur achter de radiator verdwijnt. Bij het model hebben we in eerste instantie voornamelijk te maken met drie warmtestromen, die met elkaar in evenwicht moeten zijn, dit zijn :

- het stralingstransport tussen radiator en muur
- de geleiding door de muur als gevolg van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten
- de convectie van de muur als gevolg van de verhoogde temperatuur van de muur De component geleiding van lucht naar muur (dus het omgekeerde van de laatste convectie) wordt klein verondersteld en is daarom verwaarloosd. Eventueel kunnen we het effect hiervan bekijken na het aanbrengen van de radiator folie.





In dit geval krijgen we de volgende vergelijking (de drie hoofdelementen zijn hier in Watt/m<sup>2</sup>):

$$\epsilon * \text{Bolzm} * (T_r^4 - T_m^4) = \frac{T_m - T_{\text{buiten}}}{R_m} - 4.5 * (T_m - T_{\text{kamer}})$$

De argumenten in de vergelijking zijn:

$\epsilon$  = *Emissiviteit van de Radiator*

$B$  = *Bolzm Constante ( $k_b$ )*

$R_m = R_{\text{muur}}$  = *Warmteweerstand van de Muur [W/m<sup>2</sup>.K]*

$T_b = T_{\text{buiten}}$  = *Gemiddelde BuitenTemperatuur [K]*

$T_k = T_{\text{kamer}}$  = *Gemiddelde Temperatuur in de Kamer [K]*

$T_m = T_{\text{muur}}$  = *Gemiddelde Temperatuur van de Muur [K]*

$T_r = T_{\text{radiator}}$  = *Gemiddelde Radiator Temperatuur [K]*

## 4 Besparing per m<sup>2</sup>

Als we bovenstaand model voor een aantal situaties uitwerken, kunnen we de volgende tabel maken.

- Temp = Gemiddelde Radiator Temperatuur [Celsius]
- Rm = de Isolatie-waarde = Rc-waarde [m<sup>2</sup>.K/W] van de muur achter de radiator

- Tzonder = de gemiddelde Temperatuur [Celsius] van de muur achter de radiator, zonder radiatorfolie
- Tmet = de gemiddelde Temperatuur [Celsius] van de muur achter de radiator, met radiatorfolie
- Ezonder = de Energie [Watt/m2] die weglekt door de muur heen (bij een buitentemperatuur van 0 Celsius)
- Emet = de Energie [Watt/m2] die weglekt door de muur heen met radiatorfolie
- Edelta= de Energiebesparing [Watt/m2] die wordt verkregen door het aanbrengen van radiatorfolie

Temp	Rm	Tzonder	Tmet	Ezonder	Emet	Edelta
70	1.0	47	19	48.0	19.9	28.1
60	1.0	41	19	41.3	19.1	22.2
50	1.0	34	18	34.9	18.3	16.6
40	1.0	28	17	29.0	17.7	11.3
30	1.0	23	17	23.4	17.1	6.3
20	1.0	18	16	18.2	16.5	1.6
70	2.0	50	21	25.0	10.9	14.1
60	2.0	43	20	21.5	10.4	11.1
50	2.0	36	20	18.2	10.0	8.2
40	2.0	30	19	15.1	9.7	5.5
30	2.0	24	18	12.2	9.3	2.9
20	2.0	19	18	9.5	9.1	0.5
70	3.0	50	22	16.9	7.5	9.4
60	3.0	43	21	14.6	7.2	7.4
50	3.0	37	20	12.3	6.9	5.4
40	3.0	30	19	10.2	6.7	3.6
30	3.0	24	19	8.3	6.4	1.9
20	3.0	19	18	6.4	6.2	0.2
70	5.0	51	23	10.3	4.6	5.7
60	5.0	44	22	8.8	4.4	4.4
50	5.0	37	21	7.5	4.3	3.2
40	5.0	31	20	6.2	4.1	2.1
30	5.0	25	19	5.0	4.0	1.1
20	5.0	19	19	3.9	3.8	0.1

## 5 Voorbeeld Situatie

- huis bouwjaar 1985, muur is 5 cm glaswol en 5 cm matig geventileerde spouw. De berekende Rc-waarde van deze muur bedraagt ongeveer  $R_c = 2$
- kamertemperatuur = 20 Celsius
- radiator 1 m2. omdat de convectie hoogte afhankelijk is, beschouwen we twee radiator hoogten: 50 cm en 100 cm
- hoge radiator temperatuur 75 Celsius aanvoer, 65 Celsius retour, dus gemiddelde radiator temperatuur van 70 Celsius, ( keteltemperatuur zal ongeveer 80 Celsius bedragen )
- radiator type = 22

## 6 Benaderingen tot nu toe

In het document "Radiator Folie 2" hebben we onze voorbeeld situatie op een aantal verschillende methoden berekend en komen dan tot de volgende tabel :

Bron	kWh	m3 gas
Mijn Schatting	16	3
Mijn Overdreven Schatting	32	5
Bekende webtabel Milieu Centraal	59	10
Homerus menukaart	44	8
Eigen gasverbruik-1	402	68
Meer literatuur 1	72	12
Meer literatuur 2	61	10
Meer literatuur 3	35	6

De meeste "beweringen" komen uit op een besparing van 8 .. 10 m3 gas per m2 per jaar. Mijn berekening komt slechts uit op 3 m3 gas per m2 per jaar. Als we ook nog eens in ogenschouw nemen dat de gemiddelde radiator temperatuur eigenlijk niet hoger dan 50 Celsius zou mogen zijn, en dus de besparing nog veel geringer is, dan moeten we bijna concluderen dat het aanbrengen van radiatorfolie nauwelijks zin heeft.

## 7 of is het nog Erger ?

Qualitatief begin ik het gevoel te krijgen dat het nog wel eens erger zou kunnen zijn en dat radiator folie mogelijk averechts werkt. Immers zonder radiatorfolie wordt er (iets) minder warmte door de muur gelekt, maar zonder radiator folie wordt de stralingsenergie van de achterzijde gebruikt om de oppervlakte temperatuur van de muur te verhogen waardoor de muur als convector in feite de capaciteit van de radiator verhoogd.

Even een paar logische gevolgen op een rijtje

- de stralings energie van de achterzijde van de radiator wordt geabsorbeerd door de muur
- de temperatuur van de muur stijgt
- de muur gaat daardoor meehelpen de ruimte te verwarmen middels convectie
- de capaciteit van de radiator gaat hierdoor omhoog
- de aanvoer temperatuur van het water kan dus omlaag
- het ketelrendement neemt daardoor toe
- de leidingverliezen nemen daardoor af

We gaan aan de hand van een typisch voorbeeld eens inschatten hoe al deze genoemde factoren bijdragen aan het )

### 7.1 Convectie wand

Zoals hierboven berekend, de temperatuur van de wand zonder radiator folie bedraagt gemiddeld 50 Celsius. Met radiator folie daalt de wand temperatuur tot 21 Celsius. Voor de convectiebijdrage van de muur geldt dus

In [3]:

```

1 HT = Heat_Transfer ()
2 Hoogte = 0.5
3 dT1 = 21 - 20
4 dT2 = 50 - 20
5
6 for Hoogte in [ 0.5, 1 ] :
7     HT.Convection_h ( dT1, Hoogte )
8     Convection_Muur_Met_Folie = HT.WOC * dT1
9     HT.Convection_h ( dT2, Hoogte )
10    Convection_Muur_Zonder_Folie = HT.WOC * dT2
11    print ( "\n==== Hoogte = %.1f =====" % Hoogte )
12    print ( "Convection muur met Folie = %i [W]" % Convection_Muur_Met_Folie )
13    print ( "Convection muur zonder Folie = %i [W]" % Convection_Muur_Zonder_Folie )
14    Rendement = 100 * ( Convection_Muur_Zonder_Folie - Convection_Muur_Met_Folie )
15    print ( "Verlaging Rendement Radiator = %.1f %" % Rendement )

```

```

==== Hoogte = 0.5 =====
Convection muur met Folie = 1 [W]
Convection muur zonder Folie = 109 [W]
Verlaging Rendement Radiator = 3.4 %

```

```

==== Hoogte = 1.0 =====
Convection muur met Folie = 1 [W]
Convection muur zonder Folie = 129 [W]
Verlaging Rendement Radiator = 4.0 %

```

## 7.2 Lagere Aanvoertemperatuur

De capaciteit van een radiator bij een andere aanvoer temperatuur kan berekend worden met

$$P_{50} * (dT/50)^{1.34}$$

Zoals we zullen zien gaat het slechts om kleine temperatuursverlaging, die zo klein is dat je daarvoor niet je keteltemperatuur gaat aanpassen. Dat maakt voor de besparing echter niet uit, immers de hoeveelheid warmte die je effectief in je kamer moet stoppen blijft gelijk, het gaat alleen effectiever, waardoor de verwarming minder vaak zal aanstaan. Dus hoe dan ook wordt de besparing (ongeveer) behaald.

In [4]:

```

1 Delta_T = -50 + 50 * ( 1 + Rendement/100 ) ** ( 1/ 1.34 )
2 print ( "Temperatuur Verlaging = %.1f Celsius" % Delta_T )

```

Temperatuur Verlaging = 1.5 Celsius

## 7.3 Leidingverliezen

De verhoging van het ketelrendement verwaarlozen we op dit moment (dit blijft namelijk hoe dan ook een grote gok). De leidingverliezen zijn mogelijk wel interessant. Deze radiator zit ( en ik gebruik op dit moment mijn eigen huis als voorbeeld ) 12 meter van de ketel verwijderd en deze leiding voedt alleen deze radiator. Van de (dubbele) leiding gaat 9 meter door onverwarmde ruimten en moet dus als verlies worden beschouwd.

Omdat de besparingen / verspilling op het energieverbruik slechts marginale waarden zijn en er tussentijds een aantal ramingen moeten worden gemaakt, zijn de uitkomsten enigszins discutabel.

Het vergelijken van energieverlies door de muur, reductie hiervan door het aanbrengen van radiatorfolie en leidingverliezen kan echter veel nauwkeuriger. We kunnen gebruik maken van gevalideerde formules en alle resultaten direct bepalen in vermogen [Watt].

Voor de leidingen ga ik uit van mijn eigen situatie doorsnede 16mm, 12 meter leiding naar deze ene radiator, waarvan 9 meter dubbele leiding in een ongeïsoleerde ruimte. Als we het verlies van deze leidingen berekenen:

In [5]:

```

1 Ta = 80
2
3 # Heat_Convection.py:    RadiatorBuis_Class.Calc_Isolatie_Mean
4 # Verlies per dubbele meter (heen en terug)
5 # Ta = Aanvoer Temperatuur in Celcius (RetourTemperatuur= 10 Celsius lager)
6 # Buisdiameter = 16[mm]      Truimte = 5 Celsius# Voor 1 meter leiding heen
7 # geldt afhankelijk van de isolatie : geen, 9 mm dik , 13 mm dik
8 V_0 = Ta * 1.474 -25.409
9 V_9 = Ta * 0.527 -5.905
10 V_13 = Ta * 0.450 -4.944
11
12 #Voor onze leiding met een dubbele lengte van 9 meter gelden dus de volgende ver
13 VV_0 = 1.5 * 9 * 1.474
14 VV_9 = 1.5 * 9 * 0.527
15 VV_13 = 1.5 * 9 * 0.450
16
17 print ( "Leidingverlies bij ongeïsoleerde leidingen = %i Watt" % VV_0 )
18 print ( "Leidingverlies bij 9 mm PE isolatie          = %i Watt" % VV_9 )
19 print ( "Leidingverlies bij 13 mm PE isolatie          = %i Watt" % VV_13 )
20
21 print ( "Besparing Radiator-Folie                      = 14 Watt" )

```

```

Leidingverlies bij ongeïsoleerde leidingen = 19 Watt
Leidingverlies bij 9 mm PE isolatie          = 7 Watt
Leidingverlies bij 13 mm PE isolatie          = 6 Watt
Besparing Radiator-Folie                      = 14 Watt

```

Hier zien we duidelijk dat (als onze leidingen niet geïsoleerd zijn), het aanbrengen van radiator-folie meer energie verspilling geeft dan het weglaten van de radiatorfolie ( **Besparing van 14 Watt, levert een extra verspilling van 19 Watt**).

Willen we dus dat radiatorfolie een besparing gaat opleveren, dan moeten we dus eerst de leidingen in onverwarmde ruimten isoleren.

Zijn de muren achter de radiator nog beter geïsoleerd, dan wordt de verspilling nog groter. Omgekeerd, hebben we heel slecht geïsoleerde muren dan helpt radiatorfolie bijna altijd wel, maar desalniettemin is het aan te bevelen toch de leidingen in onverwarmde ruimten te isoleren.

## 8 Ideaal Radiator Folie

Nu we inzicht hebben in de werking van radiator folie is het gemakkelijk om het ideale radiator folie te ontwerpen. Ideaal radiator-Folie heeft twee belangrijke eigenschappen

1. Het Radiator-Folie laat geen stralings energie door (en geeft die zelf ook niet af)
2. Het Radiator-Folie probeert zoveel mogelijk stralingsenergie op te vangen en om te zetten in convectie-energie, liefst aan beide zijde van het folie

Om deze 2 elementen te maximaliseren moet het radiator folie aan de volgende voorwaarden voldoen

1. de emissiviteit aan de radiatorzijde moet ongeveer 1 zijn (ideaal is blackbody, maar witte structuurverf is ook erg goed)
2. de emissiviteit aan de muurzijde moet ongeveer 0 zijn (glimmende zijde van aluminium folie)
3. de warmtegeleiding van het folie moet goed zijn, zodat beide kanten van het folie dezelfde temperatuur krijgen (als gevolg van omgezette stralings energie)
4. beide zijde moet vrij toegankelijk zijn voor convectie (dus bijv 1 cm vanaf de muur op verticale latjes)

Dit ideale folie is niet te koop, maar kan wel door iedere handige doehetzelfer worden gemaakt.

## 9 Literatuur

- Metingen en theoretische beschouwingen bij verschillende radiatorfolies (geeft tevens een beschrijving van het ideale radiatorfolie, identiek aan hierboven) :  
<https://veldhovenduurzaam.nl/system/files/Documenten/Radiatorfolie%20tegen%20de%20muur%20of%20te>  
<https://veldhovenduurzaam.nl/system/files/Documenten/Radiatorfolie%20tegen%20de%20muur%20of%20te>
- A Thermal Model for Energy Loss through Walls behind Radiators (identiek model als hierboven, vergeet echter leiding verliezen en komt tot hetzelfde ideale radiatorfolie)  
[https://www.researchgate.net/publication/303635414\\_A\\_Thermal\\_Model\\_for\\_Energy\\_Loss\\_through\\_Walls\\_b](https://www.researchgate.net/publication/303635414_A_Thermal_Model_for_Energy_Loss_through_Walls_b)  
[https://www.researchgate.net/publication/303635414\\_A\\_Thermal\\_Model\\_for\\_Energy\\_Loss\\_through\\_Walls\\_b](https://www.researchgate.net/publication/303635414_A_Thermal_Model_for_Energy_Loss_through_Walls_b)
- Influence of Surface Emissivity on the Heat Loss through the Wall Behind the Heater  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815013971>  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815013971>
- The Effect of Wall Emissivity on Radiator Heat Output  
[https://www.researchgate.net/publication/245383145\\_The\\_effect\\_of\\_wall\\_emissivity\\_on\\_radiator\\_heat\\_output](https://www.researchgate.net/publication/245383145_The_effect_of_wall_emissivity_on_radiator_heat_output)  
[https://www.researchgate.net/publication/245383145\\_The\\_effect\\_of\\_wall\\_emissivity\\_on\\_radiator\\_heat\\_output](https://www.researchgate.net/publication/245383145_The_effect_of_wall_emissivity_on_radiator_heat_output)
- Energy cost reduction from radiator reflectors: limits of plausibility  
[http://www.vesma.com/downloads/radiator\\_foil.pdf](http://www.vesma.com/downloads/radiator_foil.pdf) ([http://www.vesma.com/downloads/radiator\\_foil.pdf](http://www.vesma.com/downloads/radiator_foil.pdf))
- Reflecting panels for radiators in residential buildings: Theoretical analysis of energy performance  
[https://www.researchgate.net/publication/224564071\\_Reflecting\\_panels\\_for\\_radiators\\_in\\_residential\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/224564071_Reflecting_panels_for_radiators_in_residential_buildings)  
[https://www.researchgate.net/publication/224564071\\_Reflecting\\_panels\\_for\\_radiators\\_in\\_residential\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/224564071_Reflecting_panels_for_radiators_in_residential_buildings)
- Transient Radiator Room Heating—Mathematical Model and Solution Algorithm  
[https://www.researchgate.net/publication/329114380\\_Transient\\_Radiator\\_Room\\_Heating-Mathematical\\_Model\\_and\\_Solution\\_Algorithm](https://www.researchgate.net/publication/329114380_Transient_Radiator_Room_Heating-Mathematical_Model_and_Solution_Algorithm)  
[https://www.researchgate.net/publication/329114380\\_Transient\\_Radiator\\_Room\\_Heating-Mathematical\\_Model\\_and\\_Solution\\_Algorithm](https://www.researchgate.net/publication/329114380_Transient_Radiator_Room_Heating-Mathematical_Model_and_Solution_Algorithm)
- algemeen artikel over allerlei besparingsmogelijkheden: Gas besparen door middel van CV tuning deel II:  
[https://gathering.tweakers.net/forum/list\\_messages/1619229](https://gathering.tweakers.net/forum/list_messages/1619229)  
[https://gathering.tweakers.net/forum/list\\_messages/1619229](https://gathering.tweakers.net/forum/list_messages/1619229)

- algemeen artikel over radiatoren: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/radiator.shtml>  
(<https://www.joostdevree.nl/shtmls/radiator.shtml>).
- Tweakers heeft veel discussies, maar meestal geen rekenkundige of meet-technische onderbouwing, bijv:  
[https://gathering.tweakers.net/forum/list\\_messages/1901092](https://gathering.tweakers.net/forum/list_messages/1901092)  
([https://gathering.tweakers.net/forum/list\\_messages/1901092](https://gathering.tweakers.net/forum/list_messages/1901092)),  
[https://gathering.tweakers.net/forum/list\\_message/60297382#60297382](https://gathering.tweakers.net/forum/list_message/60297382#60297382)  
([https://gathering.tweakers.net/forum/list\\_message/60297382#60297382](https://gathering.tweakers.net/forum/list_message/60297382#60297382)).

