



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

de luidklokken van de kerk in Harich

krukassen of rechte assen?

inleiding en samenvatting

De klokken in de toren van Harich zijn aan krukassen opgehangen. Deze oude klokken zijn waarschijnlijk in hun oorspronkelijke situatie aan rechte assen gehangen. De huidige assen zijn in deze context van betrekkelijke recente datum. Het wordt in het kader van de restauratie van de toren overwogen de klokken weer aan een rechte as te hangen. Daarmee zou een originele toestand worden hersteld. We verwijzen hier ook naar het betreffende rapport van Jan Kuipers.

Het luidtempo en ook de krachten die bij het luiden op de toren worden uitgeoefend zullen met deze ingreep veranderen. Het is om die reden dat metingen aan de toren zijn uitgevoerd. Uit deze metingen is gebleken dat de toren waarschijnlijk gevaar zal lopen bij de voorgenomen wijziging van het luidstelsel. Dit resultaat is ook al mondeling medegedeeld.



De metingen aan toren vonden plaats op 15 april 2014.

toren, stoel en klokken

In de stenen romp van de toren treffen we drie etages aan. Op de eerste etage bevindt zich het uitstekend

1953	8/3	1959	10	Witmarum	1959	10	Witmarum	1959	10	Witmarum
1924	2/1	1924	10	Gaasterland	1924	10	Gaasterland	1924	10	Gaasterland

werkende uurwerk van Eijsbouts uit 1923. Van dit uurwerk is in het betreffende boekje in ons archief een regel opgenomen. Op de tweede etage grijpt de oorspronkelijke klokkenstoel aan. Deze stoel is afgetopt waardoor plaats werd gemaakt voor de derde etage waar zich een recentere klokkenstoel bevindt die in de muren van de stenen toren is gelegd. In deze stoel hangen twee zeventiende-eeuwse klokken van Petrus Overney die met de hand worden geluid en aan betrekkelijk recent



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872



gemaakte krukassen zijn opgehangen; het ziet er niet naar uit dat ons bedrijf de luidinstallatie gemaakt heeft. Opvallend is de bijzondere klepelophanging.

Het onderzoek is er op gericht de klokken weer aan rechte assen vliegend te laten luiden.

beweging van torens in het algemeen

Elke toren beweegt zijdelings. En deze beweging kan periodisch zijn. De laagste frequentie, waarin veel torens bewegen, ligt globaal tussen de 0.5 en 2 Hz. Deze beweging vindt al plaats ten gevolge van windbelasting of als gevolg van seismische bewegingen. Het is ook mogelijk de toren meetbaar, maar met zeer kleine uitwijken door periode de toren als het ware aan te duwen in resonantie te brengen. Uiteraard zijn ook dan de uitwijkingen en de snelheden gering, minder dan enkele tienden van een millimeter per seconde.

Wanneer evenwel een klok luidt, kunnen de uitwijkingen en de betreffende snelheden aanzienlijk groter worden. Wanneer een klok luidt met een tempo van 60 slagen per minuut, bedraagt de grondtoonfrequentie van dat systeem 0.5 Hz. Veelal is het de derde harmonische van een luidstelsel die de toren kan doen bewegen, in dit geval gaat het dan om 1.5 Hz. Wanneer de betreffende toren ook beweegt met een frequentie die daar in de buurt ligt, kan de toren flink in resonantie worden gebracht. Het gaat dan wel om snelheden tot zo'n 20 mm/s of meer.

De Duitse Norm DIN4150 (Erschütterungen im Bauwesen) geeft een veilige waarde aan voor klokkentorens. Deze betreft maximaal 8 mm/s. Wanneer overigens een toren met deze snelheid beweegt is de beweging ook heel goed zonder meetapparatuur waar te nemen. Een tweede richtlijn is dat de betreffende frequentie van het luidstelsel minstens 10 % moet afwijken van die van de toren.

metingen aan klokken en toren

Aan de toren zijn metingen gedaan. De grondtoonfrequentie, de eigenfrequentie van de toren is gemeten. En de beweging van de toren tijdens het luiden van de klok is gemeten. Hiertoe is een bewegingsopnemer geplaatst in een van de vensters van de toren. De bewegingsopnemer is juist niet op de klokkenstoel geplaatst, maar zodanig dat deze de beweging van de stenen toren registreert. De opnemer is met een PC verbonden en de meetwaarden worden met de betreffende software uitgelezen. Van de klokken



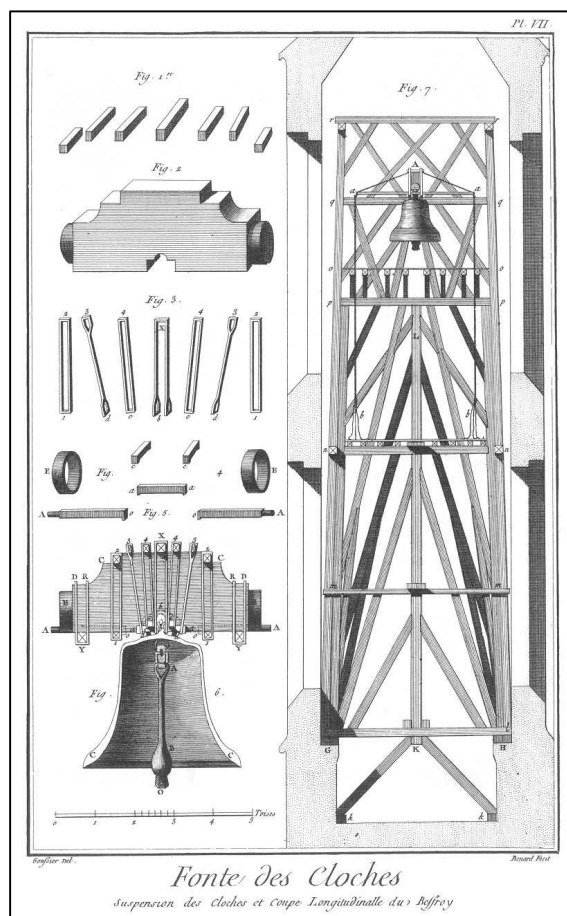


ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

is het luidtempo gemeten.

Klok	slagtoon	diameter (mm)	gewicht (kg)	luidtempo (A/min)
1	as ¹	960	580	39.3
2	c ²	810	370	46.6



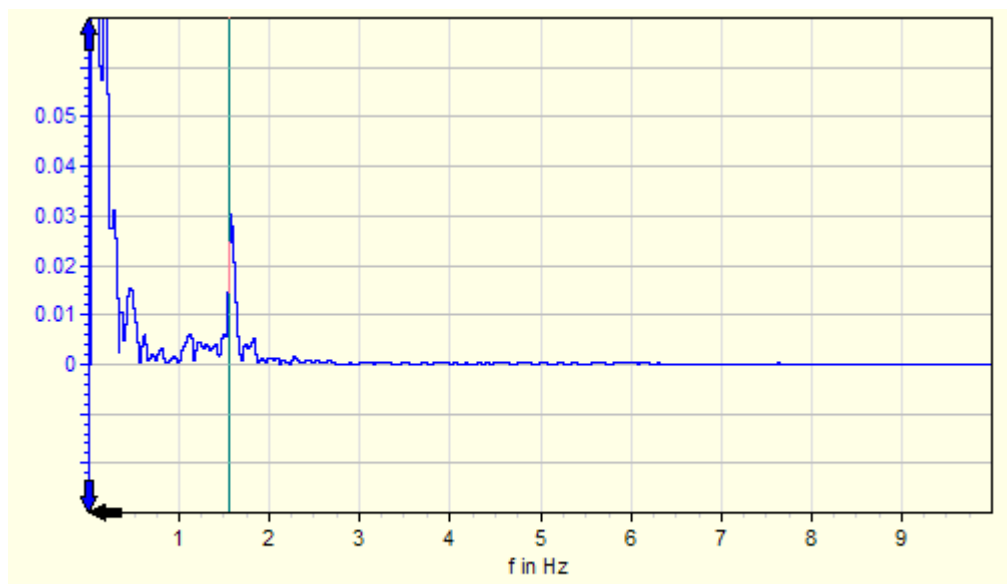
In Harich treffen we een voor de stenen toren ongunstige situatie aan: De huidige klokkenstoel is op de derde etage in de muur van de toren opgelegd. Juist lager in de toren grijpt de oude klokkenstoel aan. De krachten die het luiden van de klok op de toren uitoefent zijn nu hoger dan wanneer de oorspronkelijke stoel zou zijn gehandhaafd. Een goed voorbeeld van een oude tekening is te vinden in de achttiende-eeuwse Encyclopedie van Diderot waarin een afbeelding van een dergelijke vrijstaande klokkenstoel gegeven wordt.



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

Op de dag van het onderzoek waaide het stevig en bleek de toren als gevolg daarvan te bewegen. De beweging in de luidrichting van de klokken is vastgelegd. Er ontstond op het scherm van de laptop een piek bij de frequentie van 1,545 Hz; de gemeten snelheid van de toren bedroeg 0,024 mm/s. Wanneer de derde harmonische van een luidstelsel deze waarde heeft, is het tempo van de betreffende klok 61.8 A/min.



15-4-2014 10:58:30

Model 793L 9269 -> Ch1 - IBL2 #4018

Cursor 1 f: 1.545 Hz

K1: 0.024 mm/s

Ook tijdens het luiden van de kleinste klok is de beweging van de toren gemeten. Dan beweegt de toren in de luidrichting (Oost-West, Ch1, blauwe lijn) niet slechts met de eigen frequentie van ruim 1.5 Hz, maar ook met de frequentie van de derde harmonische van dat luidstelsel: 1.165 Hz. In de richting loodrecht op de luidrichting (Noord-Zuid, Ch2 rood) heeft de toren een eigenfrequentie die vrijwel gelijk is aan die van de luidrichting.



ROYALEIJSBOUTS

ANNO 1872



15-4-2014 11:20:22

Model 793L 9269 -> Ch1 - IBL2 #4018

Model 793L 9270 -> Ch2 - IBL2 #4018

Cursor 1 f: 1.516 Hz

K1: 0.029 mm/s

K2: 0.024 mm/s

Cursor 2 f: 1.554 Hz

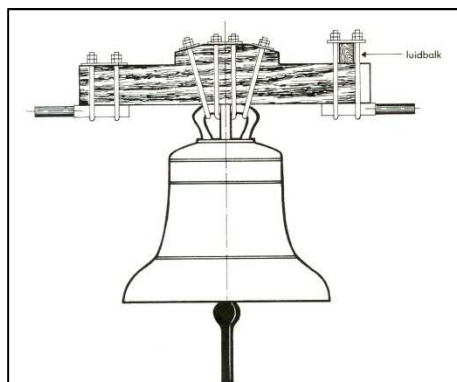
K1: 0.052 mm/s

K2: 0.046 mm/s

De snelheid in de luidrichting is 0.088 mm/s. Alle gemeten snelheden liggen ver onder de genoemde normen. Dat hangt samen met het feit dat de derde harmonische van de luidsystemen (1.165 Hz en 0.983 Hz) ver liggen onder de eigenfrequentie van de toren (1.545 Hz).

klokophanging van krukas opnieuw naar rechte assen

De oude klokken van Harich hebben waarschijnlijk lang aan rechte assen gehangen.





ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

Op deze manier zijn klokken gedurende eeuwen sinds de uitvinding van de luidklok in de middeleeuwen opgehangen geweest. Dit luidstelsel kenmerkt zich om meerdere redenen door

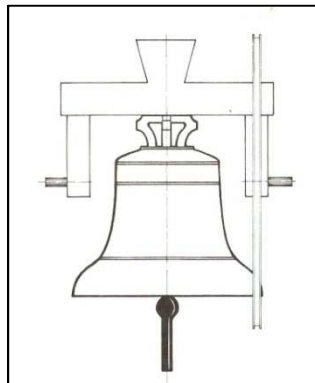


een fraaie klankwerking. Maar er zijn in bepaalde omstandigheden ook nadelen aan dit systeem te noemen. Zo zijn de krachten die op de klokkenstoel en in voorkomende gevallen op de toren worden uitgeoefend tijdens het luiden betrekkelijk groot. En wanneer de betreffende toren met het luidstelsel meeresoneert, is het systeem maar zeer beperkt af te regelen. En bovendien heeft de klok bij het luiden betrekkelijk veel ruimte nodig.

Juist in de twintigste eeuw zijn veel klokken aan een krukas opgehangen. Het is een flexibel afregelbaar systeem en de ruimte die nodig is om te luiden, is beperkt. Nadelen zijn evenwel de minder fraaie klankwerking en de grote belasting op de kroon en de ophangwerken van de klok. Veelal is het luidtempo laag in

vergelijking met de ophanging aan een rechte as.

Er kunnen meerdere redenen zijn dat in Harich de klokken aan kurkassen zijn gehangen. Misschien zijn de oude lagers versleten en ging het luiden zwaar. Maar misschien is ooit schade aan de toren vastgesteld die werd toegewezen aan het luiden van de klokken.



Bij het ophangen van een klok aan een krukas wordt in feite het zwaartepunt van de klok dicht bij het draaipunt van de as gebracht. In Harich bedraagt deze onderzetting ruim 30 % van de diameter van de klok. Het is een grote onderzetting waardoor het luidtempo lager uitvalt dan wanneer de klok aan een normale rechte as zou hangen.



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

Wanneer de klokken weer aan rechte assen zullen worden gehangen zullen het tempo, afhankelijk van luidhoek en ontwerp van de as, respectievelijk 56.4 en 61.5 slagen per minuut worden. De betreffende derde harmonische van de luidsystemen zullen dan liggen bij 1.41 en 1.54 Hz.

restauratie van de toren en de klokkenstoel

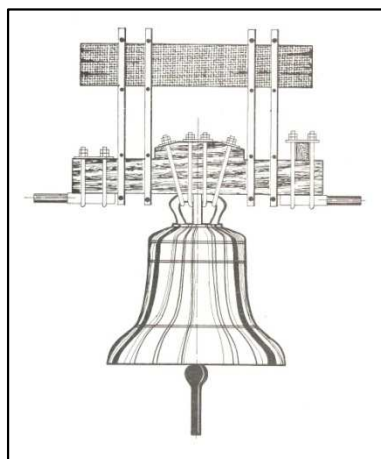
De restauratie van de toren moet nog worden uitgevoerd. De restauratie van de toren zal de toren wellicht stijver maken en de eigenfrequentie enigszins doen toenemen. En wanneer de oudste stoel zal worden gerestaureerd en weer als luidklokkenstoel zal worden gebruikt, zal de situatie wellicht ook veranderen. Beter is dan het lage aangrijpingspunt.

aanbevelingen

Wanneer de grootste klok aan een rechte as zal worden gehangen, zal het tempo ongeveer 56.4 slagen per minuut bedragen; de derde harmonische van dat systeem bedraagt dan 1,41 Hz. Dit ligt op ongeveer 10 % van de waarde van de eigenfrequentie van de toren. Het ziet er naar uit dat de toren in dat geval geen gevaar loopt. Geheel anders is het voor de kleine klok. De derde harmonische is vrijwel gelijk aan de eigenfrequentie van de toren. Het is af te raden die klok aan een rechte as op te hangen. Er zou voor gekozen kunnen worden de kleine in een krukas te laten hangen en de grote aan een nieuwe rechte as. Of dit muzikaal verantwoord is, moet nog worden gezien.

Maar er zijn misschien nog twee mogelijkheden. Eerst zal de toren gerestaureerd worden en zal ten gevolge van de werkzaamheden de eigenfrequentie enigszins veranderen. Als de toren stijver wordt komt deze wellicht iets hoger te liggen.

En het luidstelsel van de kleine klok kan worden uitgerust met een contragewicht om zo het tempo van de klok enkele procenten terug te brengen.





ROYALE **EIJSBOUTS**

ANNO 1872

Het valt dan om muzikale reden te overwegen ook de grote klok van een contragewicht te voorzien.
Ook bij het gebruik van een goed gedimensioneerd contragewicht zal de klok vliegend luiden.

Graag zullen wij vragen van u te allen tijde beantwoorden en opnieuw metingen in de toren van
Harich uitvoeren wanneer toren en klokkenstoel gerestaureerd zijn.

Asten, 17 april 2014

ROYAL EIJSBOUTS

Ing. L.J.M. Augustus

Campanoloog



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

de luidklokken van de kerk in Harich

krukassen of rechte assen?

afsluitend vervolgonderzoek maart 2015

inleiding en samenvatting

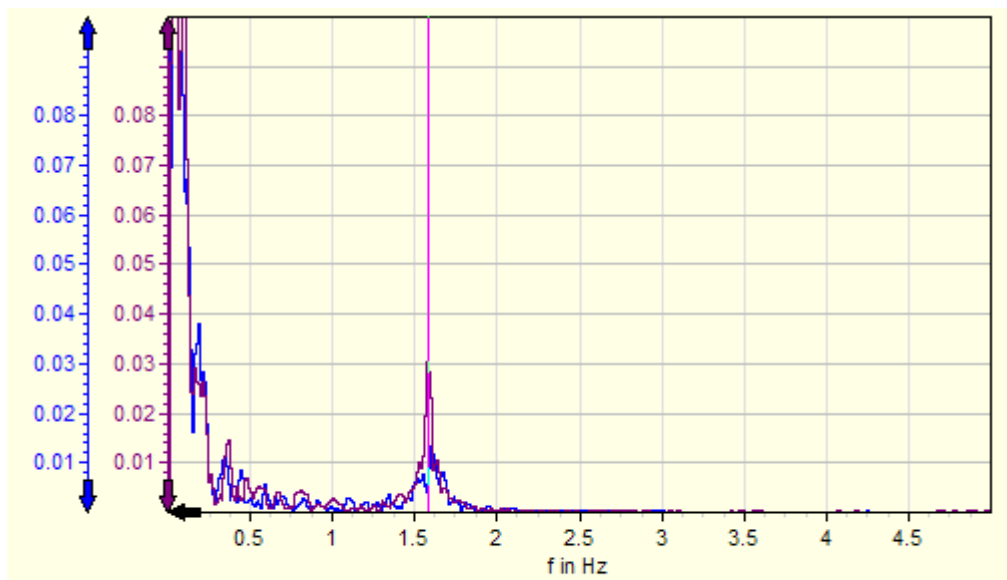


De vraag of de klokken in de toren aan rechte assen kunnen worden gehangen kon eerst na de restauratie van de toren definitief beantwoord worden. De restauratie kan immers als gevolg hebben dat de eigenfrequentie van de toren verandert.

Om dit vast te stellen zijn op 9 maart 2015 opnieuw trillingsmetingen aan de toren uitgevoerd. Samenvattend kan worden gesteld dat inderdaad de betreffende waarden enigszins zijn veranderd, maar dat in beginsel de situatie met betrekking tot de luidklokken ongewijzigd gebleven is.

nieuwe metingen aan de toren

De trillingen van de toren zijn deze keer op drie wijzen gemeten. Hoewel het nu minder waaide dan de vorige keer, bleek de toren als gevolg van onder meer de wind enigszins te bewegen.



9-3-2015 11:34:35

Model 793L 9270 -> Ch2 - IBL2 #4018

Model 793L 9269 -> Ch1 - IBL2 #4018

Cursor 2 f: 1.583 Hz

K1: 0.009 mm/s

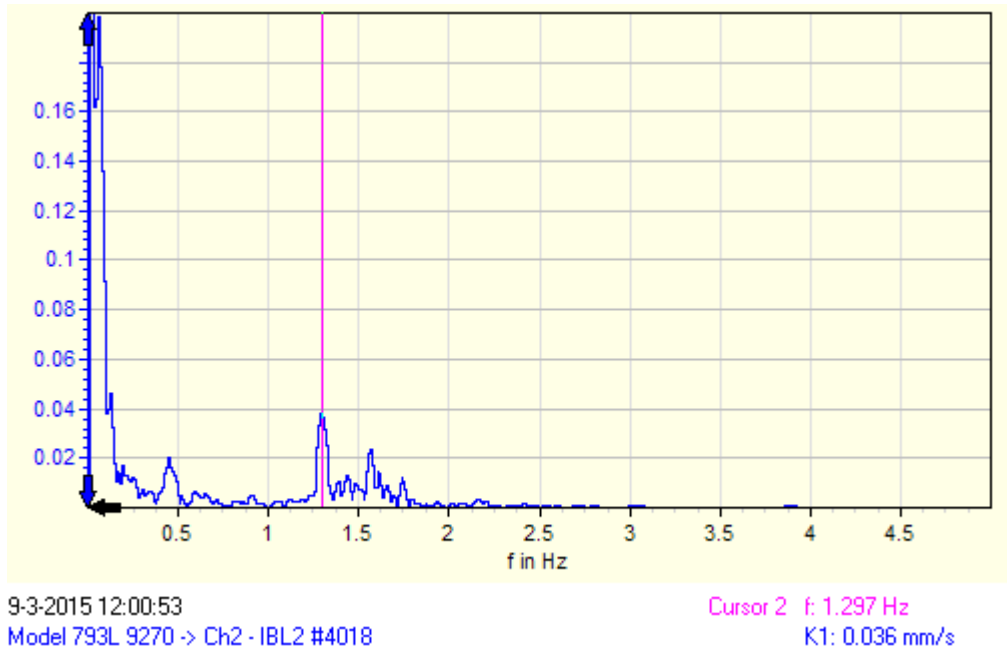
K2: 0.028 mm/s



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872

De waarden in de loudrichting en die daar loodrecht op bleken vrijwel overeen te komen. De waarde bedraagt 1.583 Hz. Ook tijdens het luiden van de klokken is gemeten. De toren beweegt dan wel enigszins, maar zeer gering (enkele honderdsten van millimeters per seconde). Hieronder de meting terwijl de kleinste klok geluid wordt.



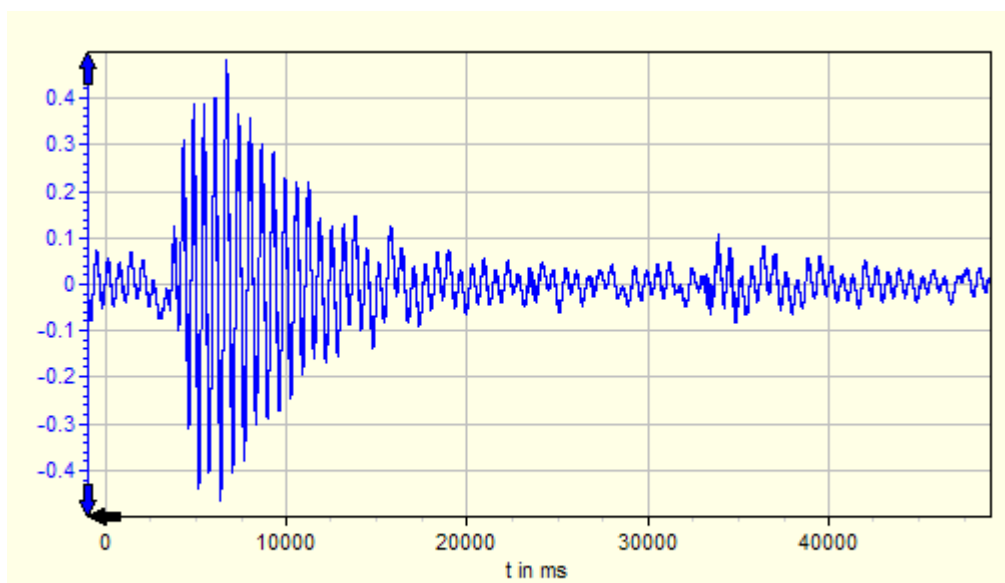
De frequentie ligt dan in de buurt van de derde harmonische van de huidige luidsysteem. Dit is niet een eigenfrequentie van de toren, maar de klokken dwingen de toren in deze trilling; er is dus geen sprake van resonantie. De toren beweegt ook nauwelijks in de eigenfrequentie.

En de toren is door aanduwen in resonantie gebracht en vervolgens hebben we de toren uit laten slingeren. De uitwijking is ook dan zeer gering, maar meetbaar:



ROYALEEIJSBOUTS

ANNO 1872



9-3-2015 11:44:12

Model 793L 9270 -> Ch2 - IBL2 #4018 Velocity mm/s

We zetten hier nog even de meetwaarden op een rijtje.

Klok	tempo (A/min)	frequentie 3 ^{de} harmonische (Hz)
------	---------------	---

Huidige situatie

1	39.3	0.98
2	46.6	1.165

Aan een rechte as

1	56.4	1.41
2	61.5	1.54

Toren	eigenfrequentie (Hz)
-------	----------------------

Voor restauratie	1.545
------------------	-------

Na restauratie	1.583
----------------	-------



ROYALE **EIJSBOUTS**

ANNO 1872

aanbevelingen

De restauratie van de toren van Harich heeft nauwelijks geleid tot verandering van de eigenfrequentie van de toren. De waarde is enigszins toegenomen, wat er wellicht op duidt dat de toren inderdaad iets stijver geworden is.

De Duitse Norm DIN4150 (Erschütterungen im Bauwesen) geeft een veilige waarde aan voor klokkentorens. Deze betreft maximaal 8 mm/s. Wanneer overigens een toren met deze snelheid beweegt is de beweging ook heel goed zonder meetapparatuur waar te nemen. Een tweede richtlijn is dat de betreffende frequentie van het luidsysteem minsten 10 % moet afwijken van die van de toren.

Opnieuw zou het ophangen van de klokken aan een rechte as, en dan in het bijzonder de kleine klok, kunnen leiden tot een ongewenste situatie. De derde harmonische van dat systeem zou op minder dan 10 % de eigenfrequentie van de kleine luidklok benaderen. De situatie is dus niet wezenlijk veranderd ten opzichte van de situatie van voor de restauratie van de toren.

Asten, 17 maart 2015

ROYAL EIJSBOUTS

Ing. L.J.M. Augustus

Campanoloog