

# Studie: Flow beim Laufen

*Simon Bogutzky*

*April 2015*

## **Ziel**

Die Studie diente dazu statistische Beziehungen zwischen:

- Flow und der Aktivität des autonomen Nervensystems
- Flow und dem Bewegungsfluss

beim Laufen herzustellen. Des Weiteren suchte ich in den Daten nach markanten Mustern, die den Eintritt in den Flow, Flow selbst und den Austritt aus dem Flow markieren.

## **Methode**

### **Untersuchungsdesign**

Ein männlicher Freizeitläufer (29) nahm am Experiment teil. Er lief in sechs aufeinanderfolgenden Wochen an einem Tag 60 Minuten jeweils die gleiche Strecke und zur gleichen Tageszeit.

Vor jedem Lauf rüstete ich ihn mit einem geladenen Smartphone, einem passenden Smartphone-Armband, zwei geladenen Bewegungssensoren, einem geladenen Elektrokardiogramm (EKG)-Sensoren und vier Elektroden aus. Die Anordnung des Equipments ist Abbildung 1 zu entnehmen.

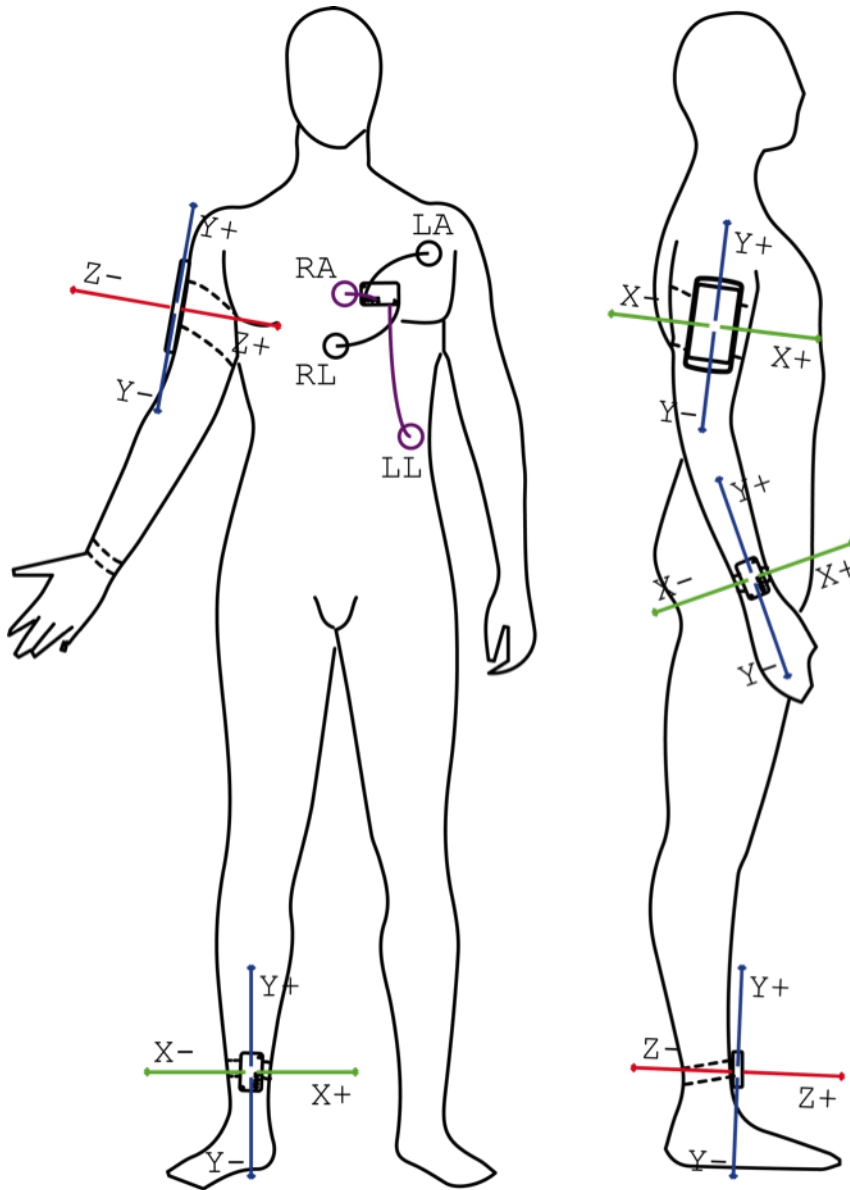


Abbildung 1: Anordnung des Equipments

Während jedes Laufes nutzte ich die dafür eigens entwickelte mobile Datenaufnahme App, um EKG und Bewegungsdaten mit Hilfe der tragbaren Sensoren des Unternehmens Shimmer Research (Shimmer 2r) aufzuzeichnen. Die Datenaufnahme App läuft auf dem Android OS ab Version 4.4 und kommuniziert mit den Sensoren über Bluetooth. Die Bewegungssensoren besitzen einen Beschleunigungsmesser und ein Kreiselinstrument, die beide auf jeweils drei Achsen messen. Für das Experiment nutzte ich das Smartphone Samsung Galaxy Nexus, welches auch über einen Beschleunigungsmesser und ein Kreiselinstrument verfügt. Alle Bewegungssensoren arbeiten mit einer Datenrate von 100 Hz. Der EKG-Sensor von Shimmer Research arbeitet mit vier Ableitungen. Im Experiment nutzte ich Knopfelektroden und eine Datenrate von 204.8 Hz. Alle 15 Minuten während jedes Laufes forderte die Datenaufnahme App mit einem Signal den Läufer auf, eine FSK auszufüllen. Vor jedem Lauf führte der Läufer eine 15-minütige Baseline Messung durch.

Nach jedem Lauf übertrug ich die gesammelten Daten für die software-technische Analyse auf meinen Arbeitsrechner. Die Daten bestehen für jeden Lauf aus kontinuierlichen EKG-Daten, Global Positioning System (GPS)-Positionen, Beschleunigungen und Winkelgeschwindigkeiten von den Körperpositionen Bein, Arm und Handgelenk.

# Flow-Diagnostik

## Datenverarbeitung

**Flow-Kurzskala** Zur subjektiven Erfassung des Flow-Erlebens kam die Flow-Kurzskala (FKS) von **Rheinberg, Vollmeyer und Engeser (2003)** zum Einsatz. Die FKS besteht aus insgesamt 16 Items. Die ersten 10 Items bilden anhand einer 7-Punkte-Likert-Skala (“trifft nicht zu” = 1 bis “trifft zu” = 7) Komponenten des Flow-Erlebens ab und man fasst sie als Generalfaktor zusammen. Zur weiteren Differenzierung des Flow-Konstrukts ist der Generalfaktor der FKS in zwei Faktoren (Subdimensionen) unterteilt worden. Faktor I umfasst dabei sechs Items, die durchweg Aussagen zum “Glatten automatisierten Verlauf” einer Handlung beschreiben. Faktor II beinhaltet vier Items, die mit “Absorbiertheit” in Zusammenhang stehen. Der Reliabilitätskoeffizient der 10 Items im Generalfaktor (Cronbachs Alpha) liegt nach Angaben **Rheinbergs (2003)** im Bereich um  $\alpha = 0.90$ . Da nicht damit zu rechnen ist, dass in Anforderungssituationen ausschließlich Flow entsteht, sondern auch Angst und Besorgnis ausgelöst werden kann, wurde die FKS durch eine “Besorgniskomponente” erweitert. Diese besteht aus drei Items (Nr. 11 bis 13, Cronbachs  $\alpha = 0.80$  bis  $\alpha = 0.90$ ). Am Ende der FKS nehmen die Probanden noch drei Einschätzungen zur Anforderungs-Fähigkeits-Passung (AFP) (auf einer 9-Punkte-Skala) vor. Dabei fokussiert das Item 14 auf einen Vergleich der Schwierigkeit der jetzigen Tätigkeit mit allen anderen Tätigkeiten (leicht vs. schwer) und das Item 15 auf die eigene Leistungsfähigkeit (niedrig vs. hoch). Das Item 16 fragt direkt, auf die aktuelle Tätigkeit (hier also dem Laufabschnitt) bezogen, nach der subjektiv wahrgenommenen AFP (zu gering vs. zu hoch). In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Flow-Skalen des Laufes vom Donnerstag, den 31. Oktober 2013 dargestellt. In diesem Lauf steigt die AFP kontinuierlich und am Ende erzielt der Läufer seinen höchsten Flow-Gesamtwert.

Table 1: Ergebnisse vom Donnerstag, den 31. Oktober 2013

Faktoren	Nach Baseline	Nach 15 Min.	Nach 30 Min.	Nach 45 Min.	Nach 60 Min.
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Generalfaktor	5.00 (1.05)	5.10 (1.05)	4.90 (0.57)	5.10 (0.74)	5.30 (0.67)
Glatter Verlauf	5.67 (0.52)	5.33 (0.52)	5.17 (0.41)	5.33 (0.82)	5.67 (0.52)
Absorbiertheit	4.00 (0.82)	4.75 (0.50)	4.50 (0.58)	4.75 (0.50)	4.75 (0.50)
Besorgnis	2.00 (0.00)	2.00 (0.00)	2.00 (0.00)	2.00 (0.00)	2.00 (0.00)
AFP	3.33 (2.31)	4.00 (1.73)	4.33 (1.53)	4.67 (1.15)	5.00 (1.00)

Als Maßzahl nutze ich die zweite Subdimension der Flow-Kurzskala wie **Peifer (2014)**, da Absorbiertheit laut **Rheinberg & Vollmeyer (2003)** nur eintritt, wenn Anforderungen und Fähigkeiten sich in Balance befinden — somit ist sie ausschließlich im *Flow-Kanal* anzutreffen und deshalb ein repräsentativer Indikator für Flow als der Generalfaktor, der sich aus den zwei Subdimensionen zusammensetzt. Denn einen glatten Verlauf kann man auch auf Unterforderung zurückführen. Exemplarisch wird der Verlauf der Absorbiertheit in Abbildung 2 dargestellt.

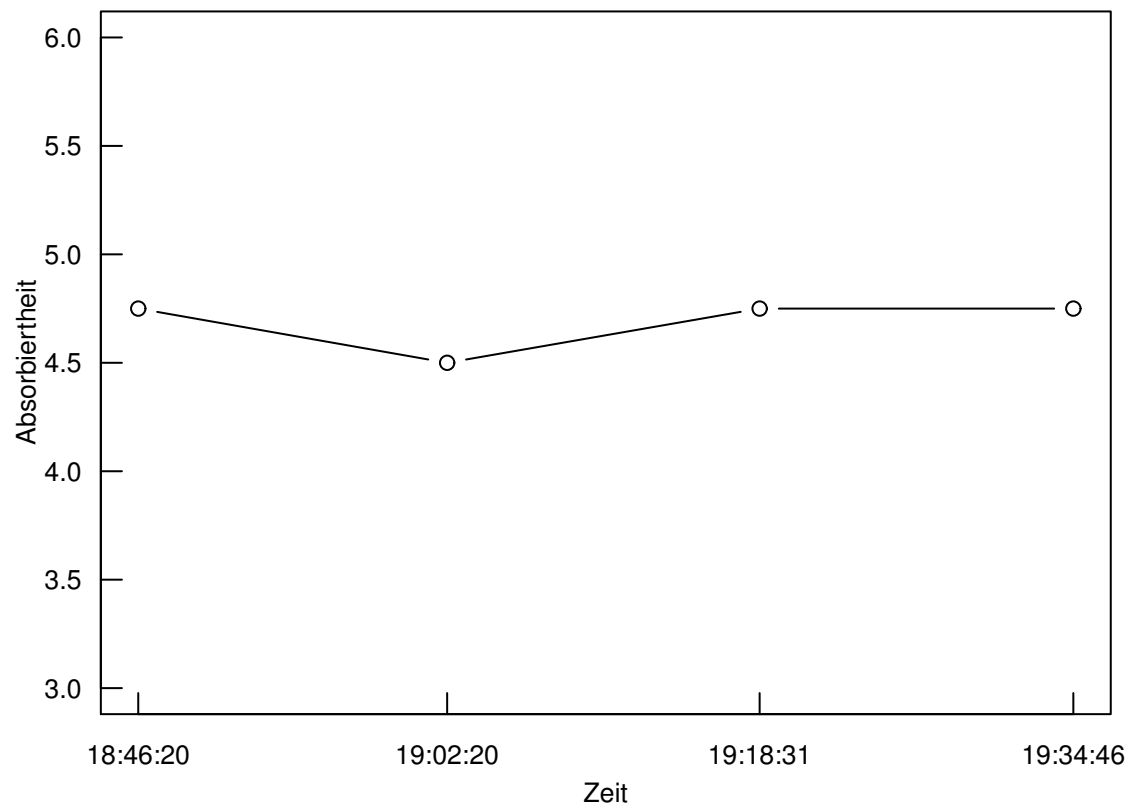


Abbildung 2: Bewertete Absorbiertheit nach jeweils 15 Minuten Laufen

**HRV-Analyse** Von den EKG-Daten entfernte ich die Zeiten für die Befragung und erhielt jeweils 15-Minuten Abschnitte. Diese 15-Minuten Abschnitte las ich in Kubios HRV (Version 2.1) ein. Kubios HRV automatische R-Spitzen-Erkennung erkennt die meisten Herzschläge. Trotzdem ist eine manuelle Nachbearbeitung notwendig. Nicht erkannte Herzschläge fügte ich hinzu und zuviel erkannte Herzschläge entfernte ich.

```
library(RHRV)
```

```
## Loading required package: tcltk
## Loading required package: tkrplot
## Loading required package: waveslim
##
## waveslim: Wavelet Method for 1/2/3D Signals (version = 1.7.5)
##
## Loading required package: nonlinearTseries
## Loading required package: Matrix
## Loading required package: rgl
## Loading required package: tseries
## Loading required package: TSA
## Loading required package: leaps
## Loading required package: locfit
## locfit 1.5-9.1    2013-03-22
## Loading required package: mgcv
```

```

## Warning: package 'mgcv' was built under R version 3.1.3

## Loading required package: nlme
## This is mgcv 1.8-5. For overview type 'help("mgcv-package")'.
##
## Attaching package: 'TSA'
##
## The following objects are masked from 'package:stats':
##
##   acf, arima
##
## The following object is masked from 'package:utils':
##
##   tar
##
## Attaching package: 'nonlinearTseries'
##
## The following object is masked from 'package:grDevices':
##
##   contourLines

for (j in 1:i) {
  hrv.file.name <- paste(file.path, "/ecg-data-", i, "_hrv.txt", sep="")
  if(file.exists(hrv.file.name)) {
    hrv.kubios.data <- read.csv(hrv.file.name, header = F, na.strings = "", fill = T, skip = 97, col
    time <- hrv.kubios.data$Time
    time <- time[complete.cases(time)]

    rr.interval <- hrv.kubios.data$RRInterval
    rr.interval <- rr.interval[complete.cases(rr.interval)]

    hrv.data <- CreateHRVData()
    hrv.data <- SetVerbose(hrv.data, TRUE)
    hrv.data$Beat <- data.frame("Time"=time[time >= time[length(time)] - 60 * 10])

    hrv.data <- BuildNIHR(hrv.data)
    PlotNIHR(hrv.data)

    hrv.data <- EditNIHR(hrv.data)
    PlotNIHR(hrv.data)

    hrv.data <- InterpolateNIHR(hrv.data, method="spline")
    PlotHR(hrv.data)

    hrv.data <- CreateTimeAnalysis(hrv.data, size=60)

    PlotSpectrogram(hrv.data, size=30, shift=1, freqRange=c(0.04, 0.15))
    PlotSpectrogram(hrv.data, size=10, shift=1, freqRange=c(0.15, 1))

    hrv.data <- CreateFreqAnalysis(hrv.data)
    hrv.data <- CalculatePowerBand(hrv.data, indexFreqAnalysis=1, type="wavelet", wavelet="l
    PlotPowerBand(hrv.data, indexFreqAnalysis=1)
  }
}

```

```

ulf.power.a      <- mean(hrv.data$FreqAnalysis[[1]]$ULF)
vlf.power.a      <- mean(hrv.data$FreqAnalysis[[1]]$VLF)
lf.power.a       <- mean(hrv.data$FreqAnalysis[[1]]$LF)
hf.power.a       <- mean(hrv.data$FreqAnalysis[[1]]$HF)
total.power      <- ulf.power.a + vlf.power.a + lf.power.a + hf.power.a
ulf.power.r      <- ulf.power.a/total.power * 100
vlf.power.r      <- vlf.power.a/total.power * 100
lf.power.r       <- lf.power.a/total.power * 100
hf.power.r       <- hf.power.a/total.power * 100
lf.power.nu      <- lf.power.a/(lf.power.a + hf.power.a) * 100
hf.power.nu      <- hf.power.a/(lf.power.a + hf.power.a) * 100
lfhf             <- lf.power.a/hf.power.a

}
}

```

```

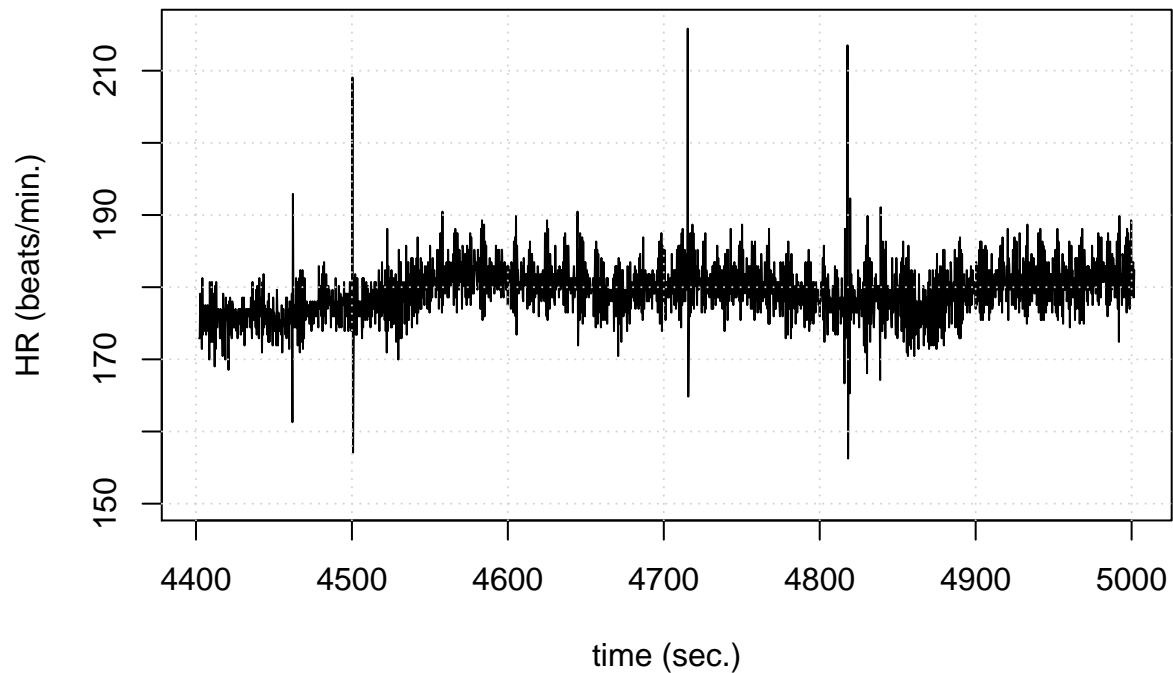
## ** Calculating non-interpolated heart rate **
##   Number of beats: 1794
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
##   Number of points: 1794

## ** Manually editing non-interpolated instantaneous heart rate **

## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
##   Number of points: 1794

```

### Non-interpolated instantaneous heart rate



```

## ** Interpolating instantaneous heart rate **

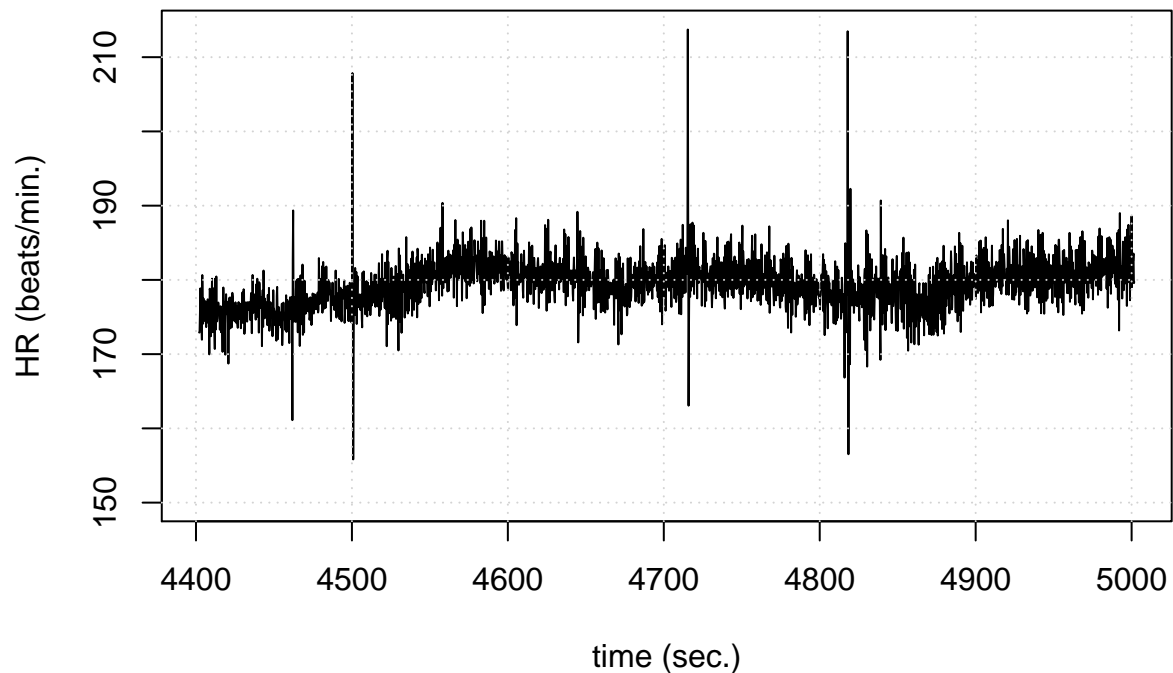
```

```

## Frequency: 4Hz
## Number of beats: 1794
## Number of points: 2399
## ** Plotting interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 2399

```

## Interpolated instantaneous heart rate

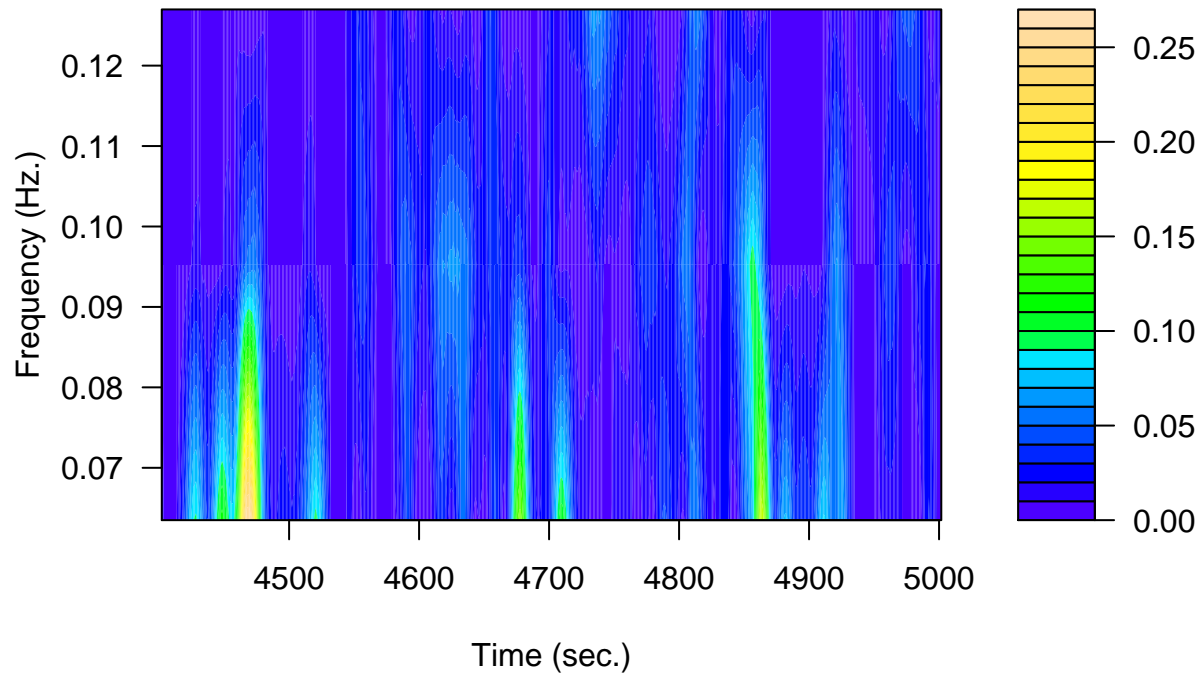


```

## ** Creating time analysis
## Size of window: 60 seconds
## Width of bins in histogram: 7.8125 milliseconds
## Number of windows: 9
## Data has now 1 time analyses
## SDNN: 7.707636 msec.
## SDANN: 3.559314 msec.
## SDNNIDX: 6.916468 msec.
## pNN50: 0.3904071 %
## SDSD: 12.30087 msec.
## r-MSSD: 12.29744 msec.
## IRRR: 16 msec.
## MADRR: 8 msec.
## TINN: 22.14159 msec.
## HRV index: 2.834123
## ** Plotting spectrogram **
## Calculating spectrogram
## Window: 120 samples (shift 4 samples)
## Window size for calculation: 128 samples (zero padding: 8 samples)
## Signal size: 2399 samples
## Windowing signal... 570 windows
## Spectrogram calculated

```

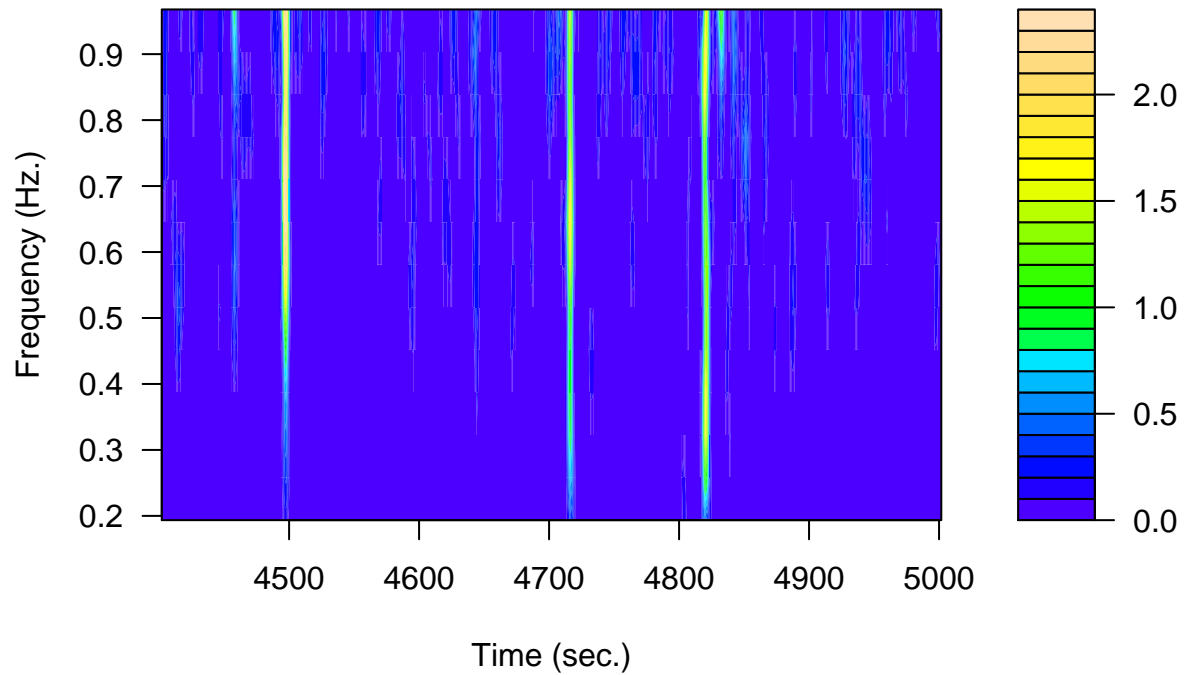
## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Plotting spectrogram **
## Calculating spectrogram
## Window: 40 samples (shift 4 samples)
## Window size for calculation: 64 samples (zero padding: 24 samples)
## Signal size: 2399 samples
## Windowing signal... 590 windows
## Spectrogram calculated
```



## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Creating frequency analysis
## Data has now 1 frequency analysis
## ** Calculating power per band **
## ** Using Wavelet analysis **
## Power per band calculated
## ** Plotting power per band **
```

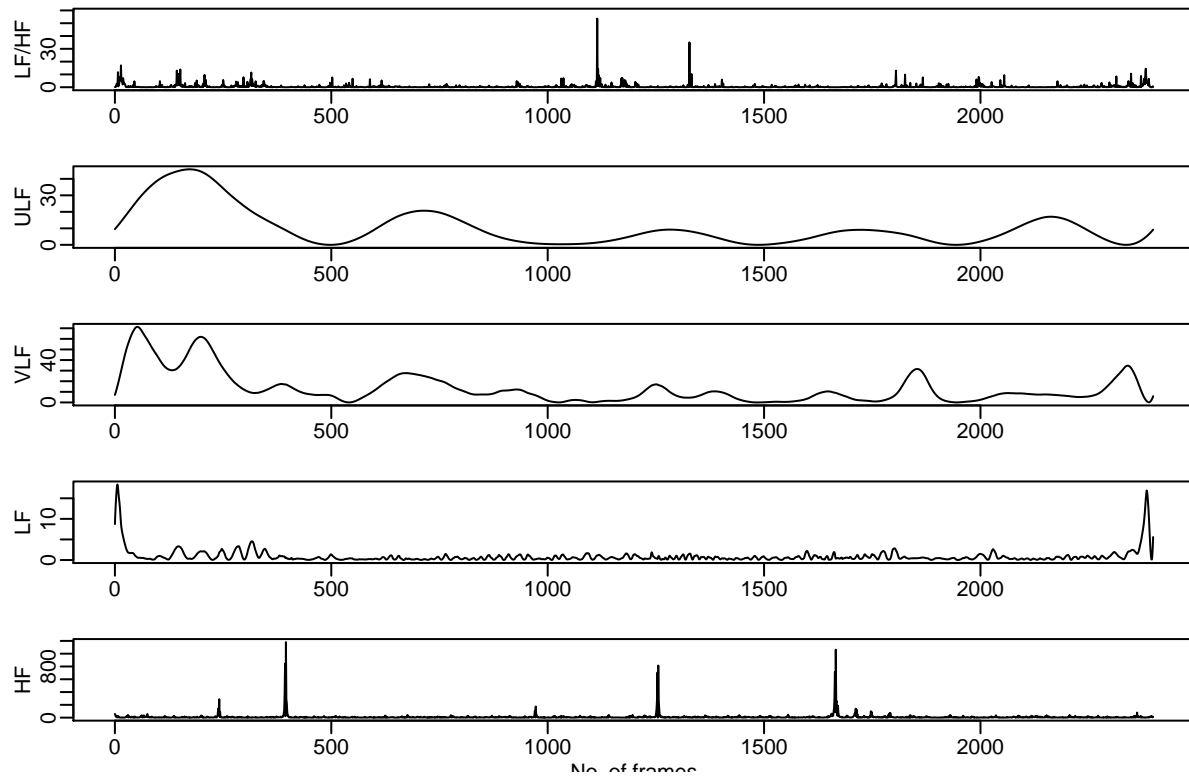
```
## Plotted LF/HF
```

```
## Plotted ULF
```

```
## Plotted VLF
```

```
## Plotted LF
```

### Power bands of HRV

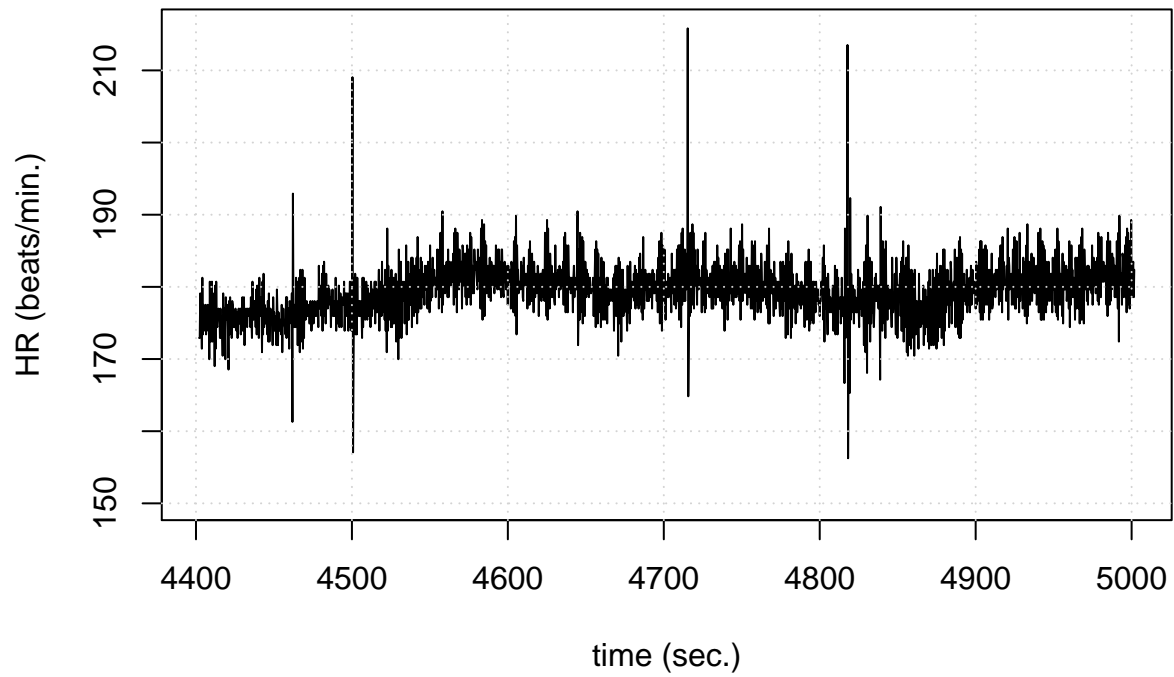


```
## Plotted HF
## Power per band plotted
## ** Calculating non-interpolated heart rate **
## Number of beats: 1794
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 1794

## ** Manually editing non-interpolated instantaneous heart rate **

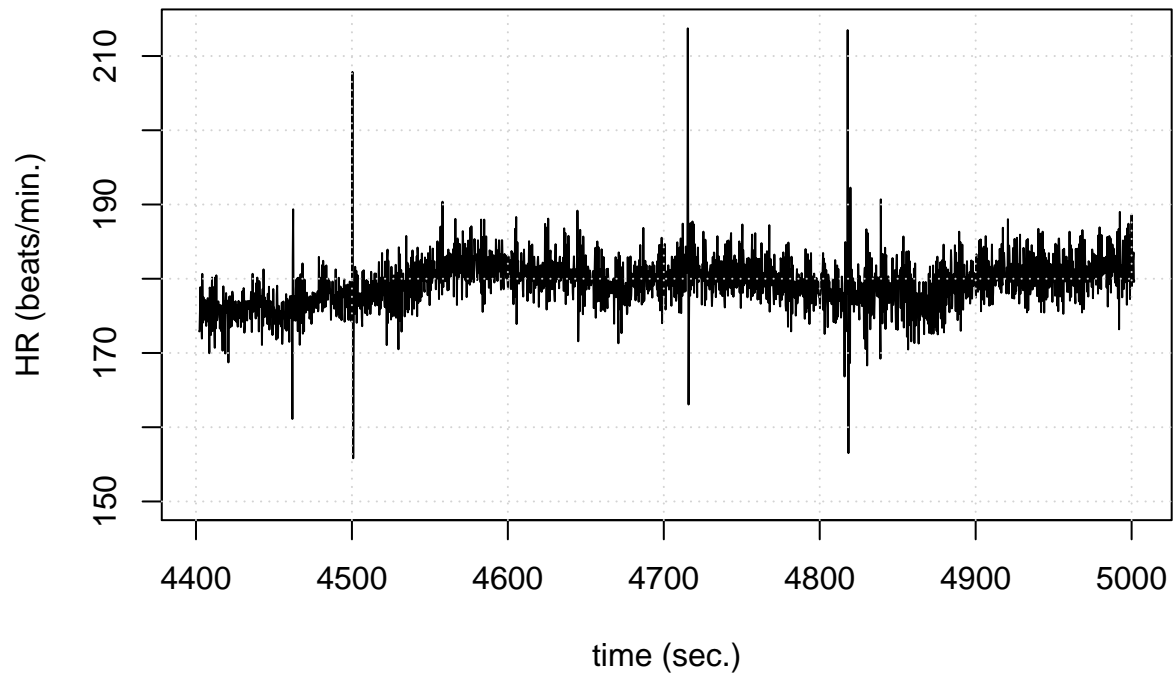
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 1794
```

## Non-interpolated instantaneous heart rate



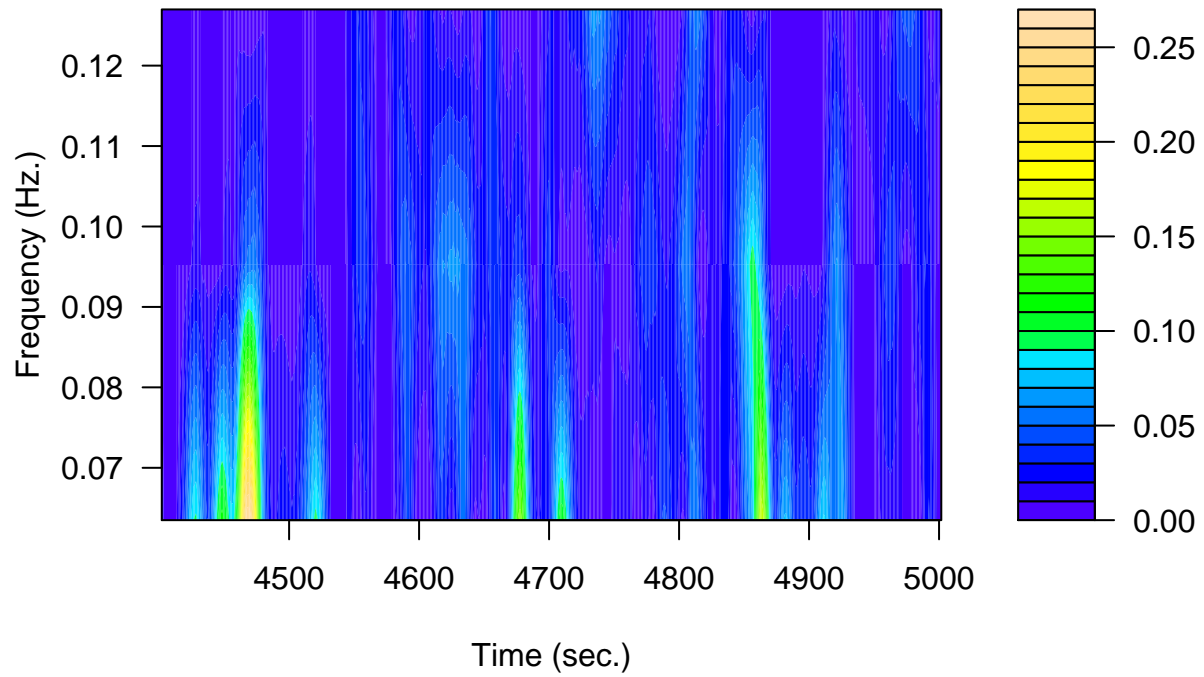
```
## ** Interpolating instantaneous heart rate **  
##   Frequency: 4Hz  
##   Number of beats: 1794  
##   Number of points: 2399  
## ** Plotting interpolated instantaneous heart rate **  
##   Number of points: 2399
```

## Interpolated instantaneous heart rate



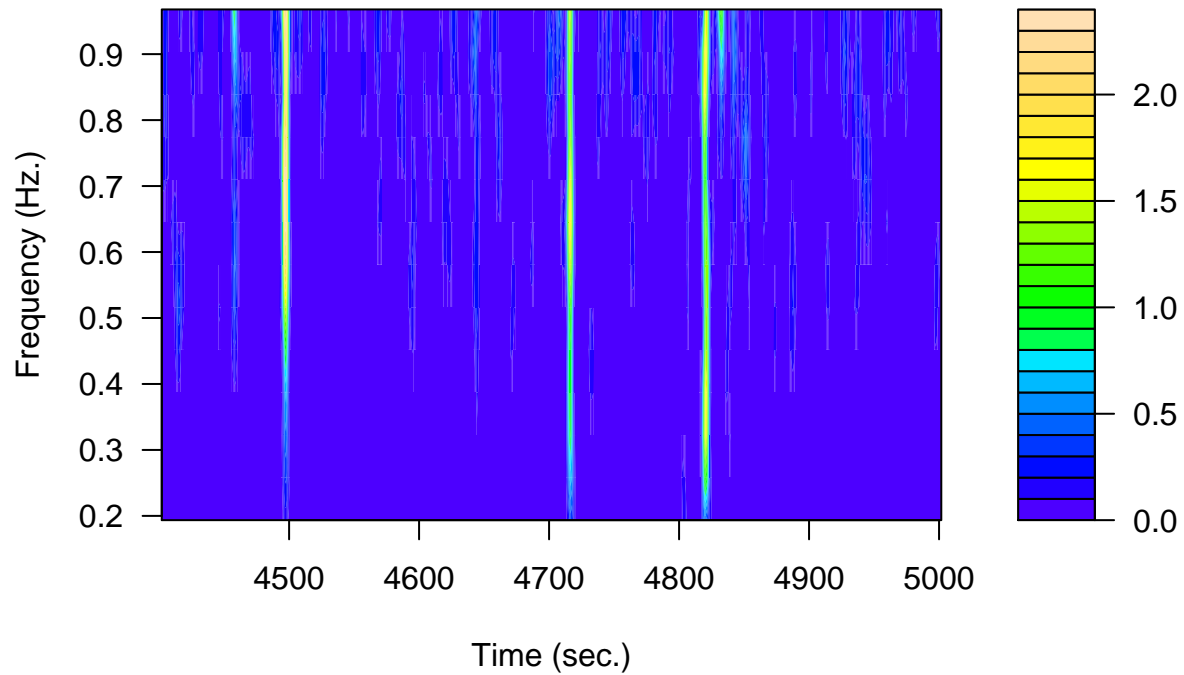
```
## ** Creating time analysis
##   Size of window: 60 seconds
##   Width of bins in histogram: 7.8125 milliseconds
##   Number of windows: 9
##   Data has now 1 time analyses
##     SDNN: 7.707636 msec.
##     SDANN: 3.559314 msec.
##     SDNNIDX: 6.916468 msec.
##     pNN50: 0.3904071 %
##     SDSD: 12.30087 msec.
##     r-MSSD: 12.29744 msec.
##     IRRR: 16 msec.
##     MADRR: 8 msec.
##     TINN: 22.14159 msec.
##     HRV index: 2.834123
## ** Plotting spectrogram **
##   Calculating spectrogram
##     Window: 120 samples (shift 4 samples)
##     Window size for calculation: 128 samples (zero padding: 8 samples)
##     Signal size: 2399 samples
##     Windowing signal... 570 windows
##     Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Plotting spectrogram **
## Calculating spectrogram
## Window: 40 samples (shift 4 samples)
## Window size for calculation: 64 samples (zero padding: 24 samples)
## Signal size: 2399 samples
## Windowing signal... 590 windows
## Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Creating frequency analysis
## Data has now 1 frequency analysis
## ** Calculating power per band **
## ** Using Wavelet analysis **
## Power per band calculated
## ** Plotting power per band **
```

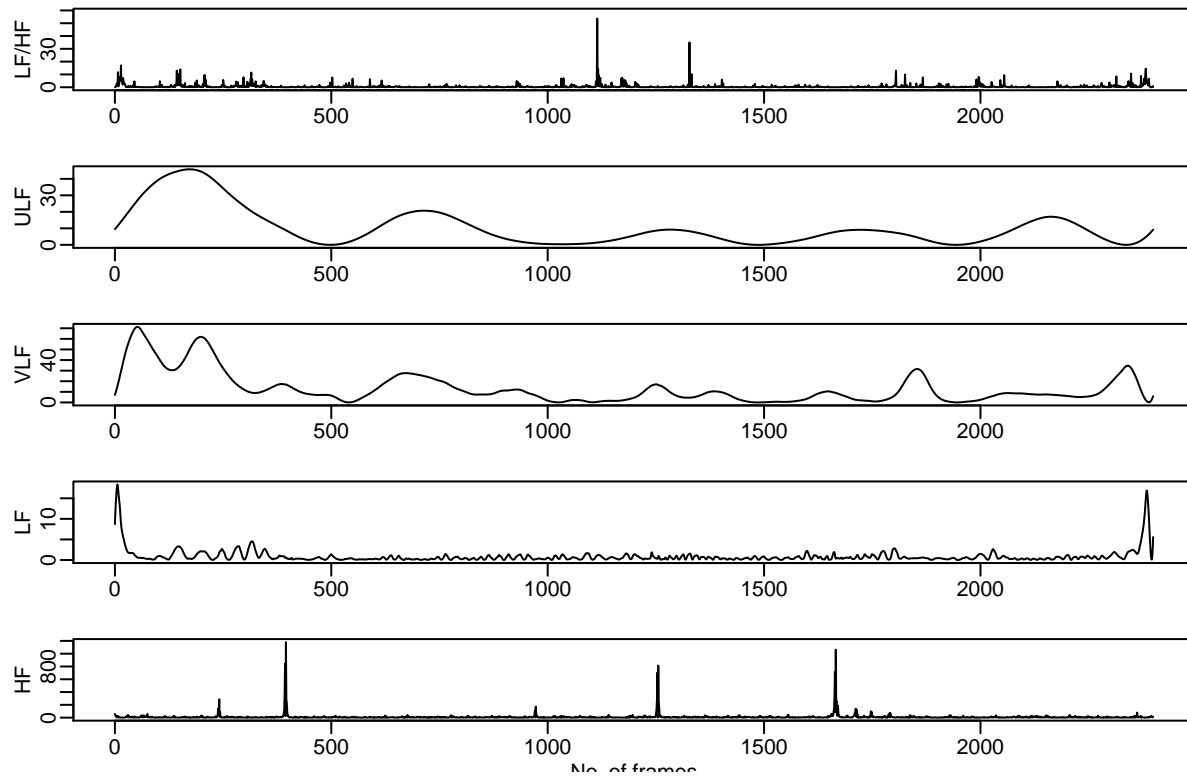
```
## Plotted LF/HF
```

```
## Plotted ULF
```

```
## Plotted VLF
```

```
## Plotted LF
```

### Power bands of HRV

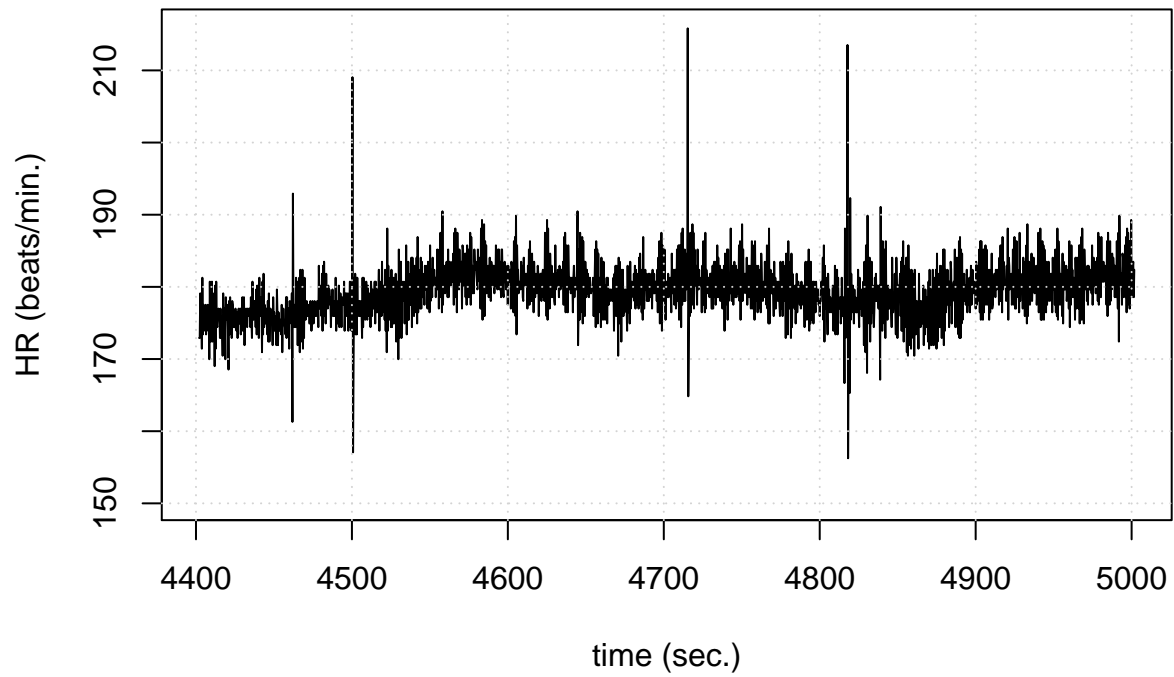


```
## Plotted HF
## Power per band plotted
## ** Calculating non-interpolated heart rate **
## Number of beats: 1794
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 1794

## ** Manually editing non-interpolated instantaneous heart rate **

## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 1794
```

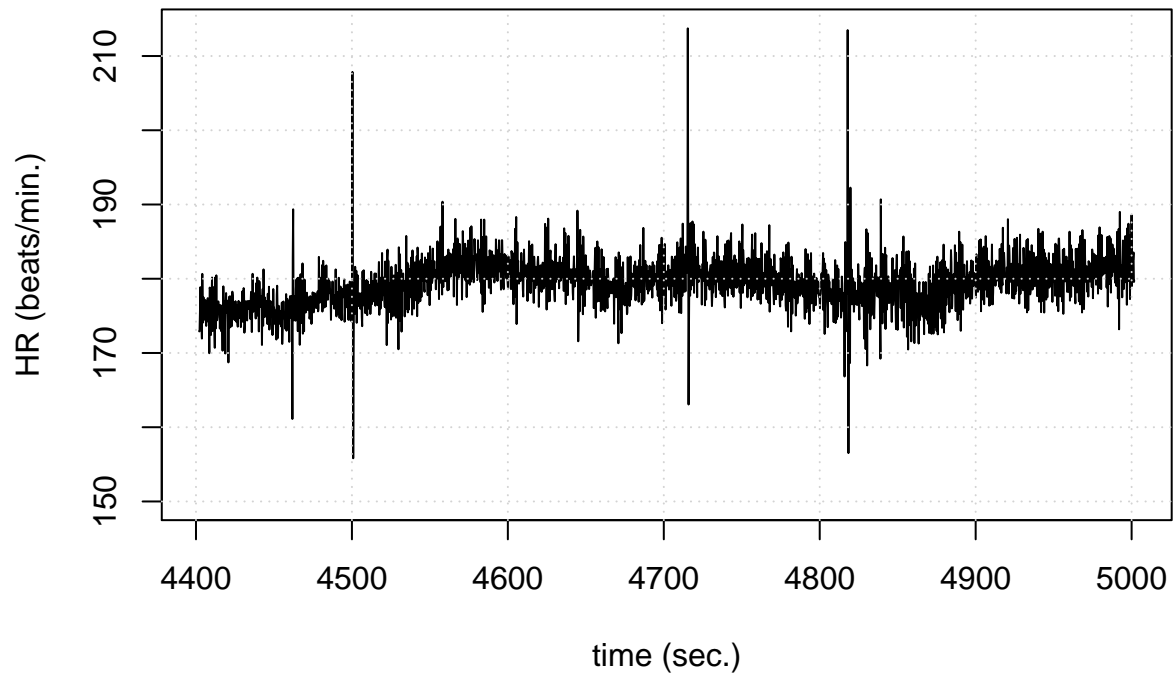
## Non-interpolated instantaneous heart rate



```
## ** Interpolating instantaneous heart rate **  
##   Frequency: 4Hz  
##   Number of beats: 1794  
##   Number of points: 2399  
## ** Plotting interpolated instantaneous heart rate **  
##   Number of points: 2399
```

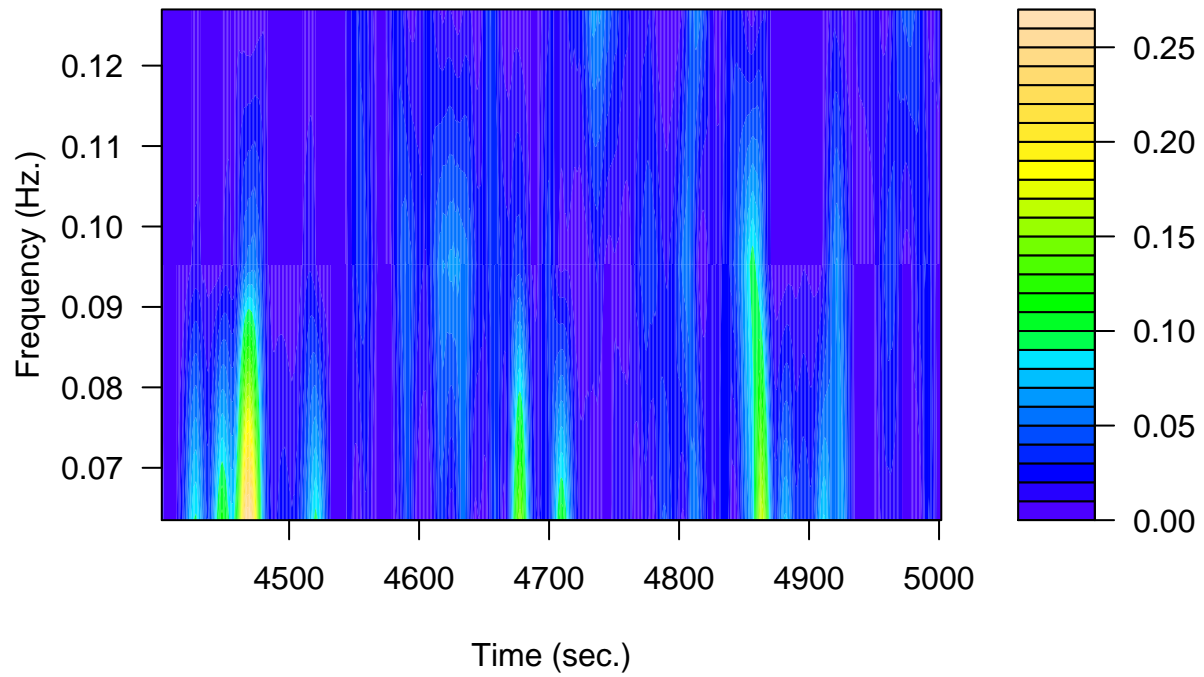


## Interpolated instantaneous heart rate



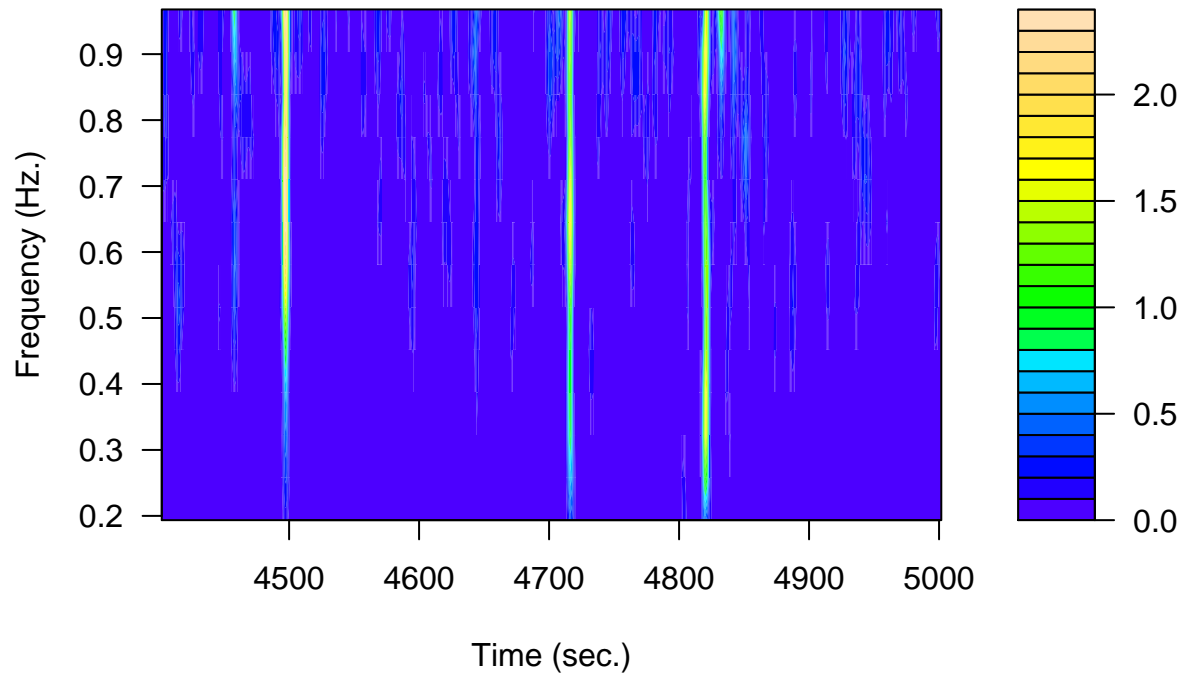
```
## ** Creating time analysis
##   Size of window: 60 seconds
##   Width of bins in histogram: 7.8125 milliseconds
##   Number of windows: 9
##   Data has now 1 time analyses
##     SDNN: 7.707636 msec.
##     SDANN: 3.559314 msec.
##     SDNNIDX: 6.916468 msec.
##     pNN50: 0.3904071 %
##     SDSD: 12.30087 msec.
##     r-MSSD: 12.29744 msec.
##     IRRR: 16 msec.
##     MADRR: 8 msec.
##     TINN: 22.14159 msec.
##     HRV index: 2.834123
## ** Plotting spectrogram **
##   Calculating spectrogram
##     Window: 120 samples (shift 4 samples)
##     Window size for calculation: 128 samples (zero padding: 8 samples)
##     Signal size: 2399 samples
##     Windowing signal... 570 windows
##     Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Plotting spectrogram **
## Calculating spectrogram
## Window: 40 samples (shift 4 samples)
## Window size for calculation: 64 samples (zero padding: 24 samples)
## Signal size: 2399 samples
## Windowing signal... 590 windows
## Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Creating frequency analysis
## Data has now 1 frequency analysis
## ** Calculating power per band **
## ** Using Wavelet analysis **
## Power per band calculated
## ** Plotting power per band **
```

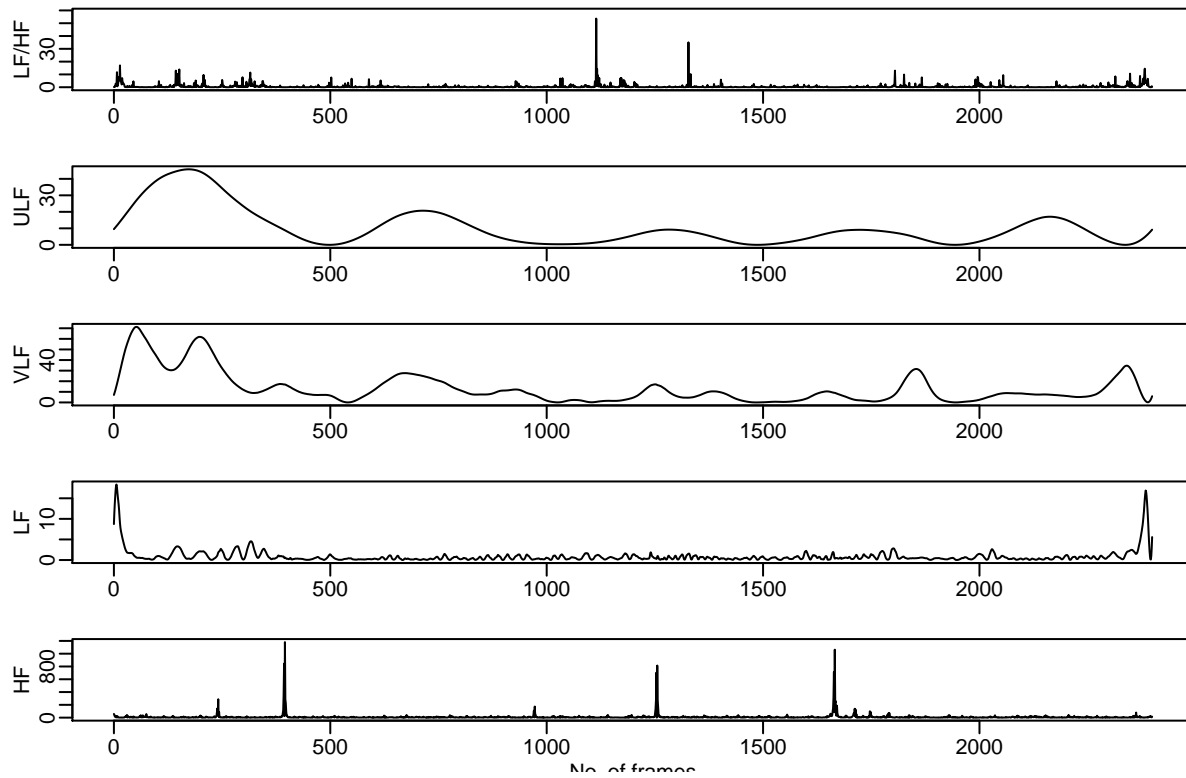
```
## Plotted LF/HF
```

```
## Plotted ULF
```

```
## Plotted VLF
```

```
## Plotted LF
```

### Power bands of HRV

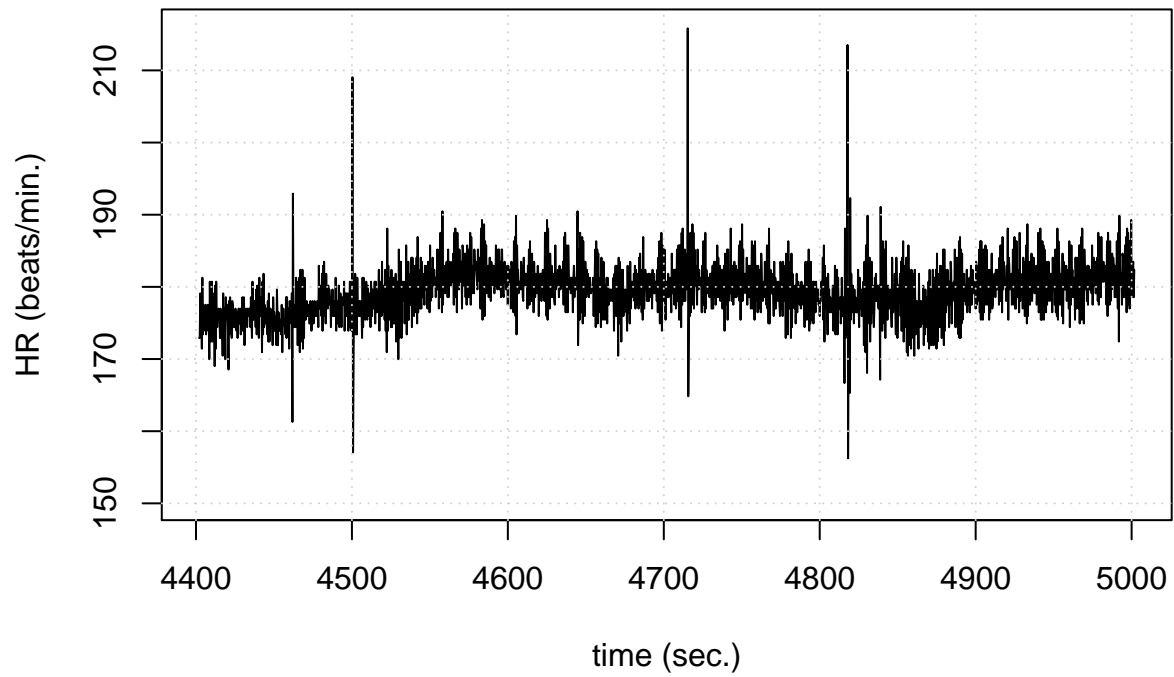


```
##      Plotted HF
##      Power per band plotted
## ** Calculating non-interpolated heart rate **
##      Number of beats: 1794
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
##      Number of points: 1794

## ** Manually editing non-interpolated instantaneous heart rate **

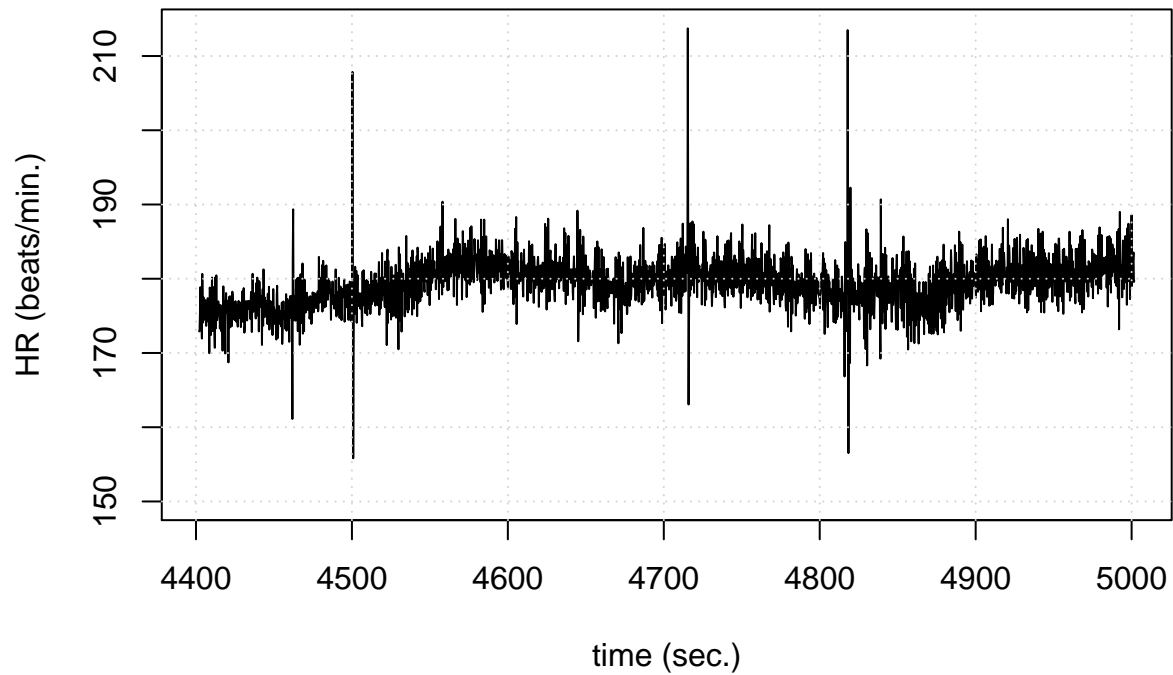
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
##      Number of points: 1794
```

## Non-interpolated instantaneous heart rate



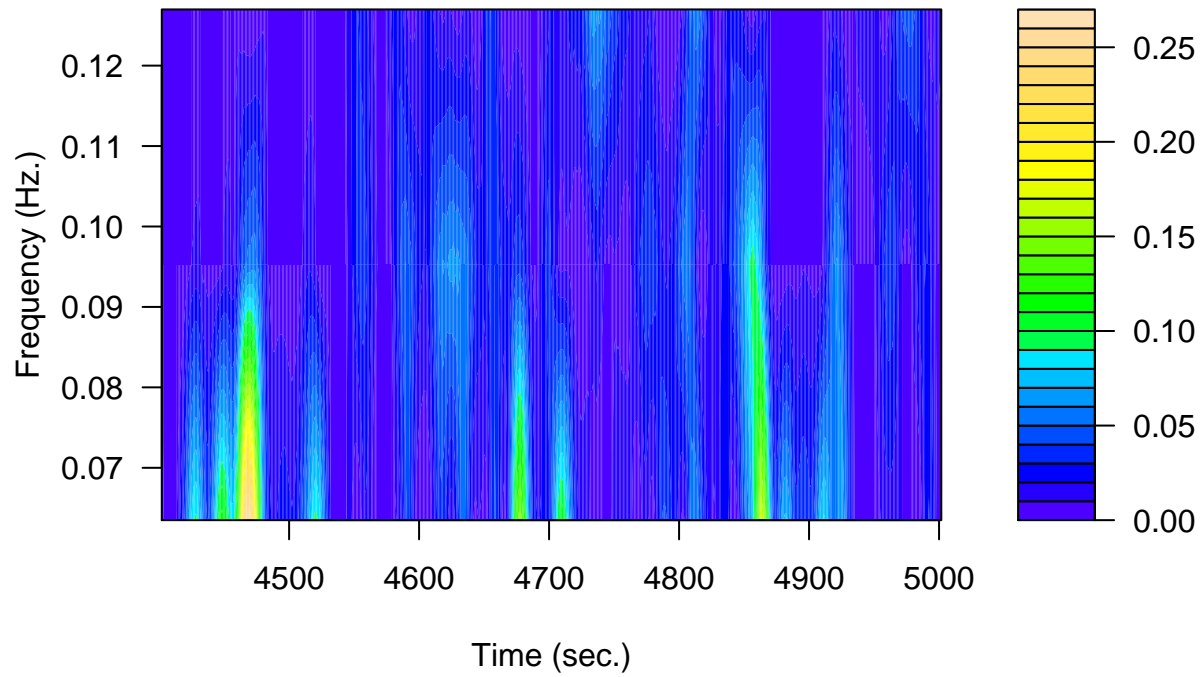
```
## ** Interpolating instantaneous heart rate **  
##   Frequency: 4Hz  
##   Number of beats: 1794  
##   Number of points: 2399  
## ** Plotting interpolated instantaneous heart rate **  
##   Number of points: 2399
```

## Interpolated instantaneous heart rate



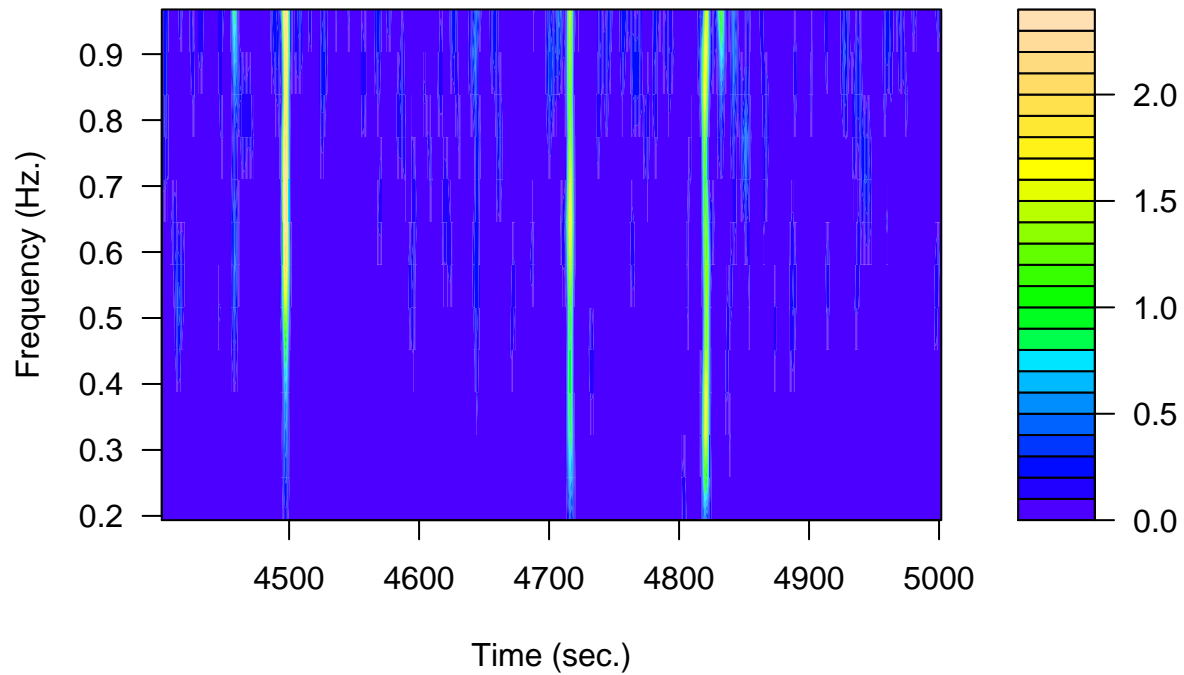
```
## ** Creating time analysis
##   Size of window: 60 seconds
##   Width of bins in histogram: 7.8125 milliseconds
##   Number of windows: 9
##   Data has now 1 time analyses
##     SDNN: 7.707636 msec.
##     SDANN: 3.559314 msec.
##     SDNNIDX: 6.916468 msec.
##     pNN50: 0.3904071 %
##     SDSD: 12.30087 msec.
##     r-MSSD: 12.29744 msec.
##     IRRR: 16 msec.
##     MADRR: 8 msec.
##     TINN: 22.14159 msec.
##     HRV index: 2.834123
## ** Plotting spectrogram **
##   Calculating spectrogram
##     Window: 120 samples (shift 4 samples)
##     Window size for calculation: 128 samples (zero padding: 8 samples)
##     Signal size: 2399 samples
##     Windowing signal... 570 windows
##     Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Plotting spectrogram **
## Calculating spectrogram
## Window: 40 samples (shift 4 samples)
## Window size for calculation: 64 samples (zero padding: 24 samples)
## Signal size: 2399 samples
## Windowing signal... 590 windows
## Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Creating frequency analysis
## Data has now 1 frequency analysis
## ** Calculating power per band **
## ** Using Wavelet analysis **
## Power per band calculated
## ** Plotting power per band **
```

```
## Plotted LF/HF
```

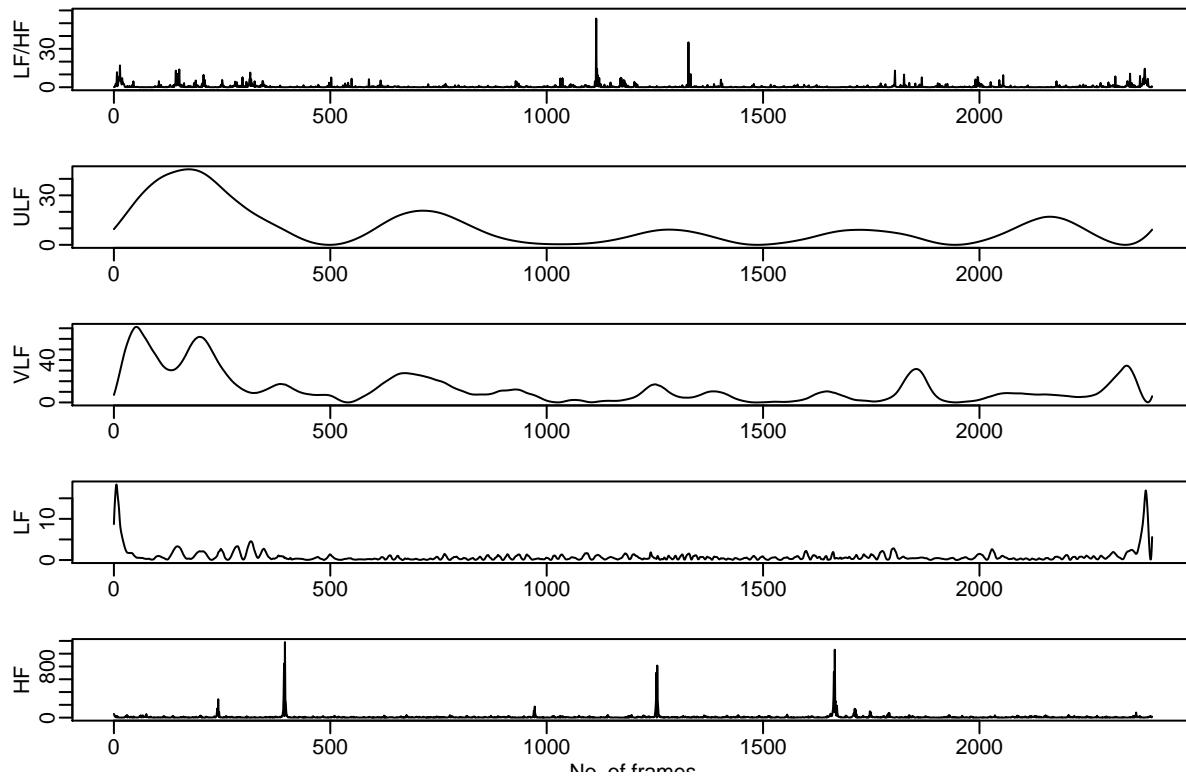
```
## Plotted ULF
```

```
## Plotted VLF
```

```
## Plotted LF
```



### Power bands of HRV

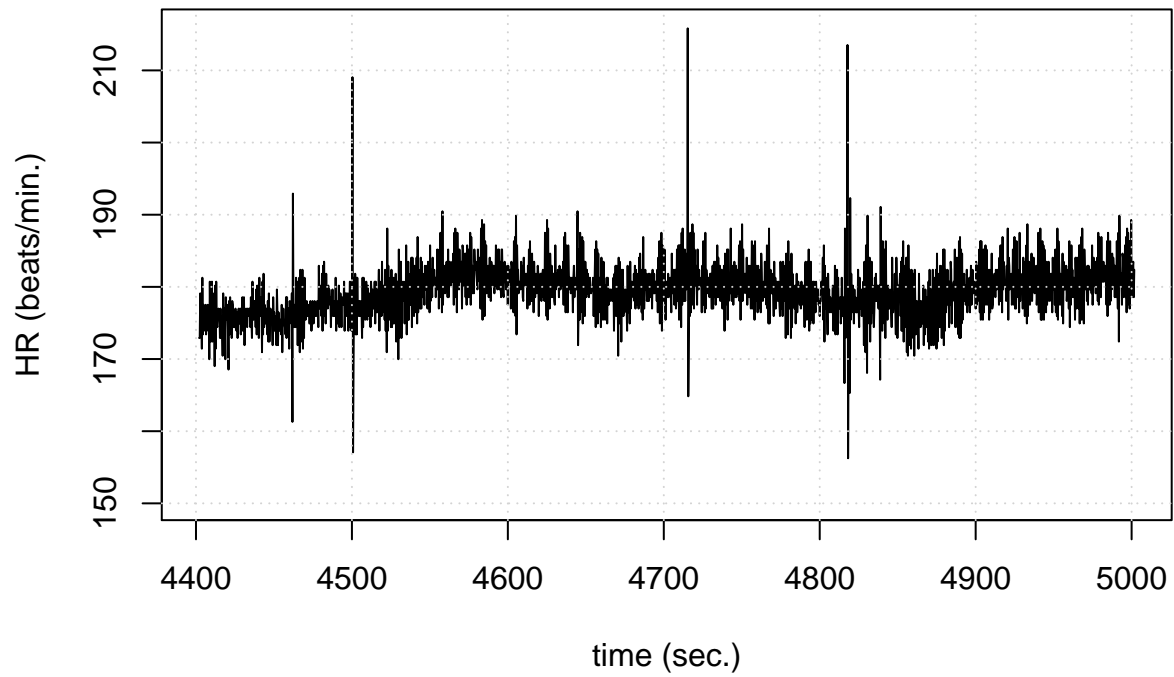


```
## Plotted HF
## Power per band plotted
## ** Calculating non-interpolated heart rate **
## Number of beats: 1794
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 1794

## ** Manually editing non-interpolated instantaneous heart rate **

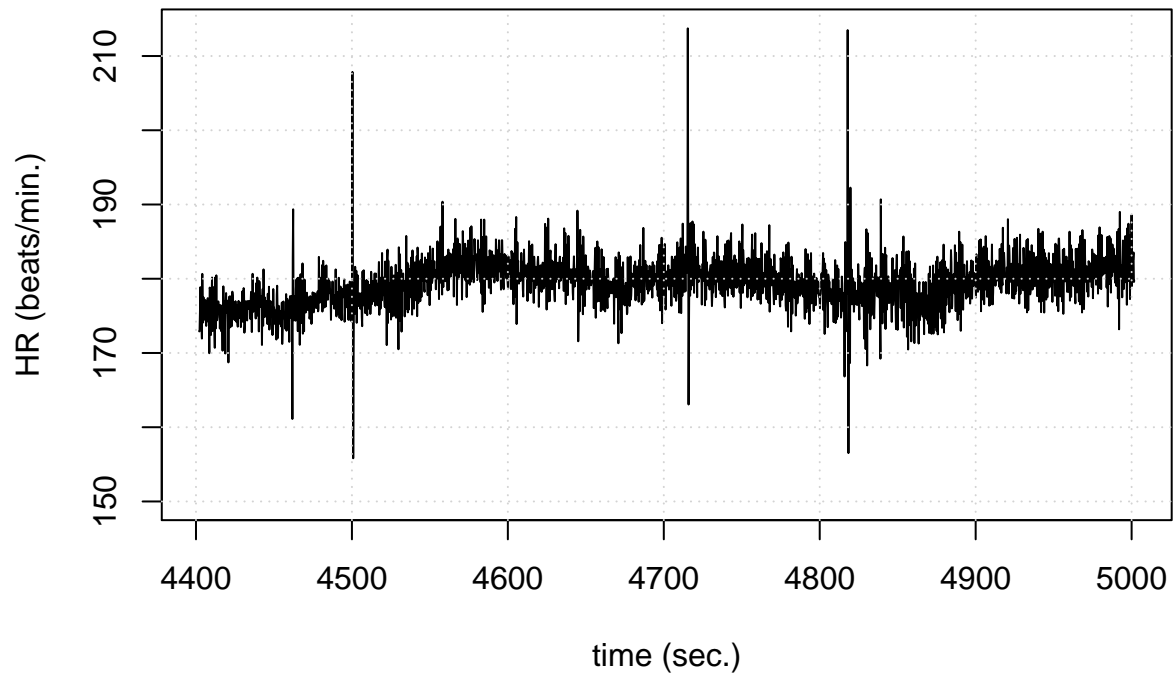
## ** Plotting non-interpolated instantaneous heart rate **
## Number of points: 1794
```

## Non-interpolated instantaneous heart rate



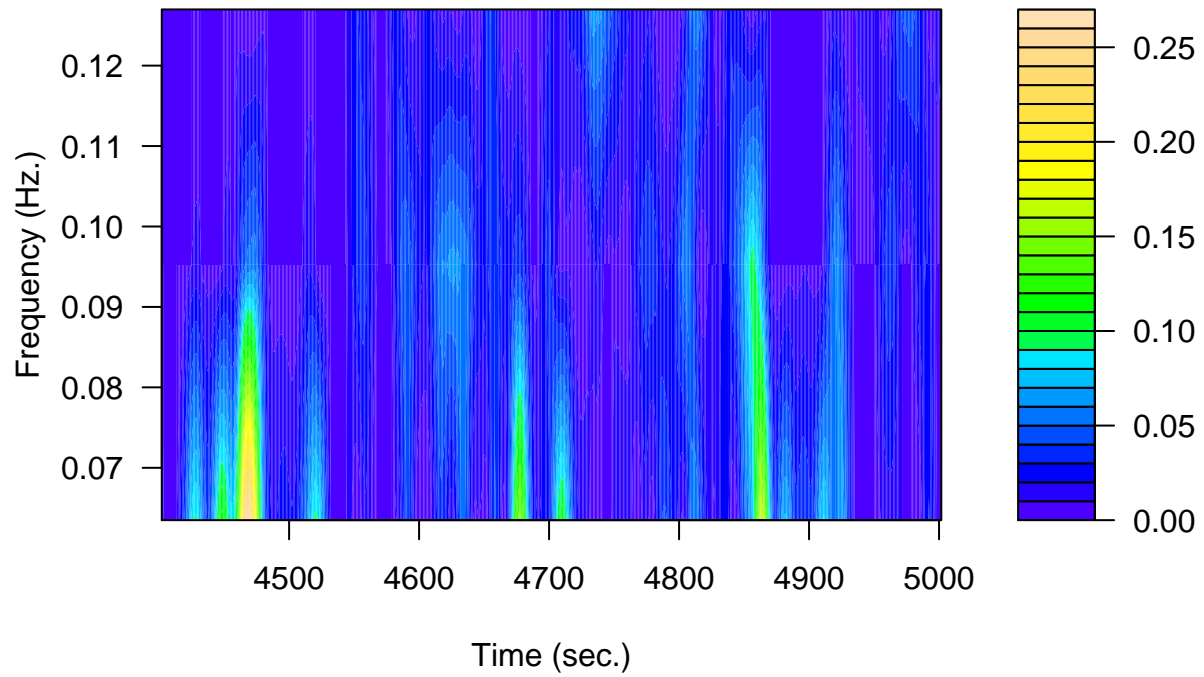
```
## ** Interpolating instantaneous heart rate **  
##   Frequency: 4Hz  
##   Number of beats: 1794  
##   Number of points: 2399  
## ** Plotting interpolated instantaneous heart rate **  
##   Number of points: 2399
```

## Interpolated instantaneous heart rate



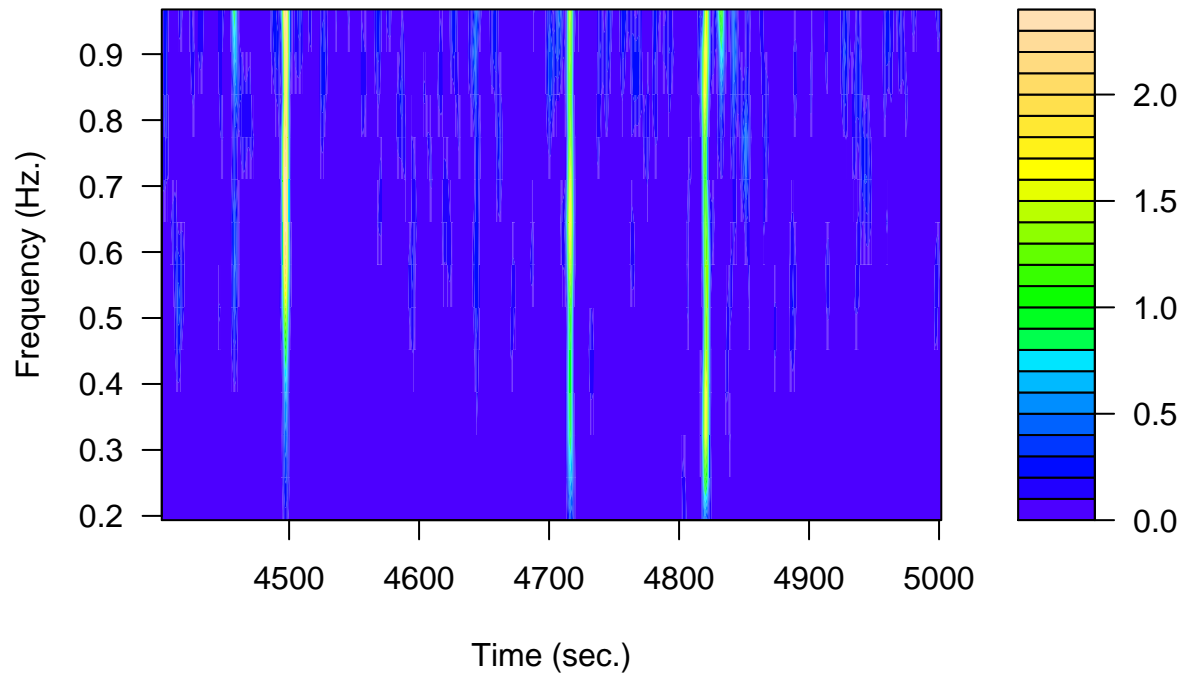
```
## ** Creating time analysis
##   Size of window: 60 seconds
##   Width of bins in histogram: 7.8125 milliseconds
##   Number of windows: 9
##   Data has now 1 time analyses
##     SDNN: 7.707636 msec.
##     SDANN: 3.559314 msec.
##     SDNNIDX: 6.916468 msec.
##     pNN50: 0.3904071 %
##     SDSD: 12.30087 msec.
##     r-MSSD: 12.29744 msec.
##     IRRR: 16 msec.
##     MADRR: 8 msec.
##     TINN: 22.14159 msec.
##     HRV index: 2.834123
## ** Plotting spectrogram **
##   Calculating spectrogram
##     Window: 120 samples (shift 4 samples)
##     Window size for calculation: 128 samples (zero padding: 8 samples)
##     Signal size: 2399 samples
##     Windowing signal... 570 windows
##     Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Plotting spectrogram **
## Calculating spectrogram
## Window: 40 samples (shift 4 samples)
## Window size for calculation: 64 samples (zero padding: 24 samples)
## Signal size: 2399 samples
## Windowing signal... 590 windows
## Spectrogram calculated
```

## Spectrogram of the HR series



```
## Spectrogram plotted
## ** Creating frequency analysis
## Data has now 1 frequency analysis
## ** Calculating power per band **
## ** Using Wavelet analysis **
## Power per band calculated
## ** Plotting power per band **
```

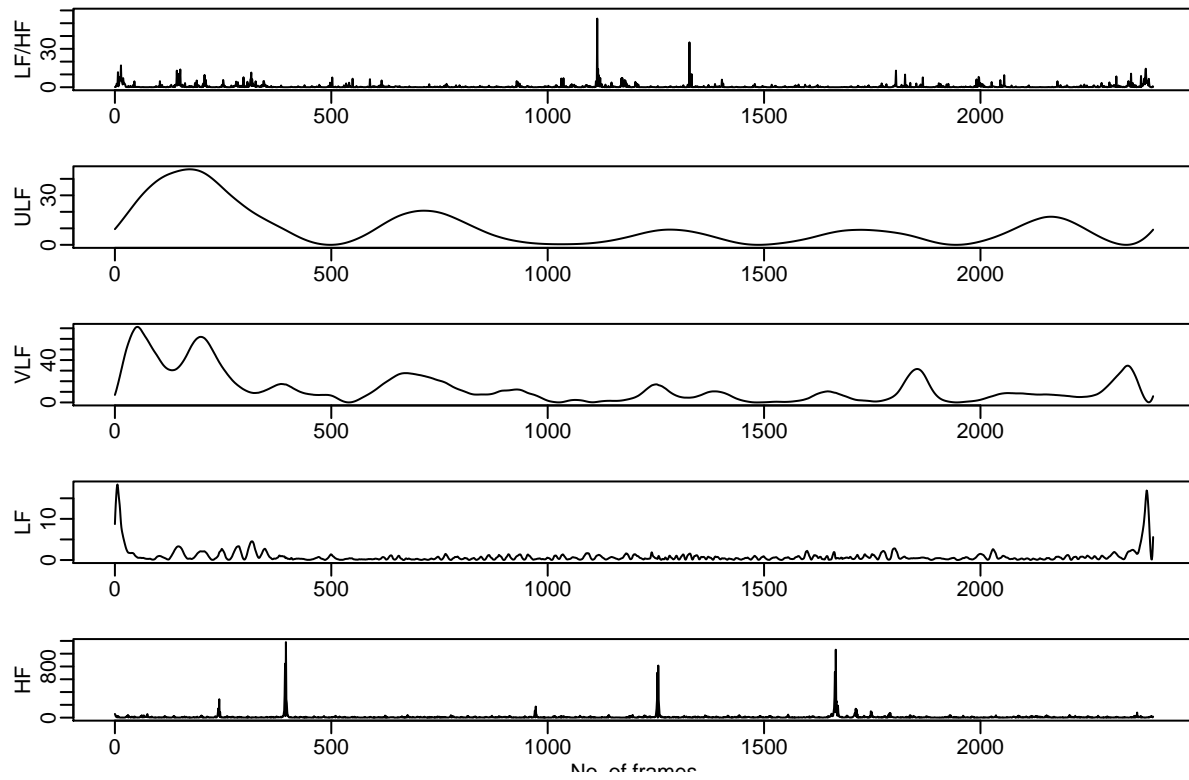
```
## Plotted LF/HF
```

```
## Plotted ULF
```

```
## Plotted VLF
```

```
## Plotted LF
```

### Power bands of HRV



## Plotted HF  
## Power per band plotted

