
BLOEDDRUKSENSOR BT17i

GEBRUIKERSHANDLEIDING



CENTRUM VOOR MICROCOMPUTER APPLICATIES

<https://cma-science.nl>

Beschrijving

De Bloeddruksensor BT17i maakt het mogelijk de bloeddruk in de slagaderen te meten. De sensor meet het verschil in druk in de aangesloten manchet veroorzaakt door de interactie tussen de manchet en de bloedstroom door de onderarmslagader. De bovendruk en onderdruk kunnen berekend worden met de oscillometrische methode (niet invasieve methode).

De bloeddruksensor bestaat uit:

- Een druksensor met een range tussen 0 ... 375 mmHg,
- Een standaard aanpasbare manchet (grote: 24 cm tot 35 cm)
- Een handpomp met verstelbaar ventiel.

De manchet bestaat uit een opblaasbare zak die met een slang is aangesloten aan de handpomp en met de tweede slang aan de druksensor. De snelheid waarmee de manchet leegloopt is aftelbaar met het ventiel.

De bloeddruksensor kan direct worden aangesloten aan de analoge BT-ingang van de CMA-interfaces. De sensorkabel BT-IEEE1394 is nodig om de sensor aan een interface aan te sluiten en is niet bijgesloten. Deze kan apart aangeschaft worden (CMA artikel BTsc_1).

Let op:

De bloeddruksensor is niet voor medische doeleinden geschikt. De sensor is een hulpmiddel voor het onderwijs waarmee metingen aan het menselijk lichaam kunnen worden verricht, en het principe van bloeddruk nader kan worden bestudeerd. Bij verkeerd gebruik kan ongerief of letsel ontstaan. Lees daarom deze handleiding goed door.

Sensorherkenning

De bloeddruksensor BT17i heeft een geheugenchip (EEPROM) met informatie over de sensor: naam, gemeten grootte, eenheid en ijking. Deze informatie wordt via een simpel protocol uitgelezen door de CMA interfaces en de sensor wordt bij aansluiten op deze interfaces automatisch herkend. Als de sensor niet automatisch wordt herkend door de interface, moet deze handmatig gekozen worden uit de Coach sensorbibliotheek.

Ijking

De Bloeddruksensor wordt geijkt geleverd. De uitgangsspanning van de Bloeddruksensor varieert recht evenredig met de druk. De ijkfunctie is:

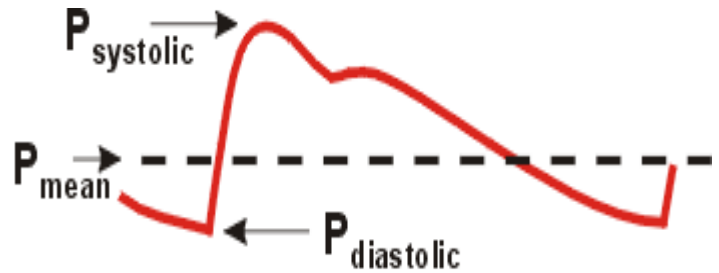
$$p \text{ (mm Hg)} = 82,24 \cdot V_{\text{uit}} \text{ (V)} - 16,67.$$

De sensor kan geijkt meten met de ijking uit de standaardbibliotheek van Coach en de ijking uit de EEPROM van de sensor. Het is mogelijk om de standaard EEPROM te vervangen voor een eigen ijking.

Hoe de bloeddruksensor werkt

1. Over bloeddruk

Tijdens een hartslag de bloeddruk in de slagaderen varieert tussen twee uiterste waarden, de systolische en de diastolische druk. De systolische druk is de bovendruk en de diastolische druk is de ondrendruk. Tussen deze twee waarden ligt de gemiddelde bloeddruk (MAP), dit is de bloeddruk op constante druk.



Figuur 1: Druk golf in de aorta (rode curve). P_{systolic} is bovendruk; $P_{\text{diastolic}}$ is onderdruk. De 'schouder' na de piek van de puls heeft te maken met het moment waarop de samentrekking van de linkerhartkamer stopt.

2. De oscillometrische methode

De bloeddruksensor wordt gebruikt om de bloeddruk te meten met behulp van de oscillometrische methode. Met deze methode wordt een manchet om de arm gedaan, waarna de manchet op druk gebracht wordt en vervolgens langzaam leegloopt. De sensor meet de druk in de manchet. De druk in de manchet varieert, door de variërende bloeddruk in de slagaderen.

Wanneer de manchet opgepompt wordt, stijgt de externe druk op de slagaderen, waardoor deze dicht gedrukt worden. Wanneer de druk in de manchet hoger is dan de druk in de slagader, wordt deze volledig dicht gedrukt en een kleine drukgolf is waarneembaar in de manchet bij elke hartslag.

Vervolgens loop de manchet langzaam leeg, waardoor er druk op de slagader vermindert. Zodra de druk in de manchet onder de systolische druk ligt, kan er om sommige momenten bloed door de slagader stromen. Hierdoor ontstaat een verschil in druk in de slagader die meetbaar is in de manchet. Hierdoor ontstaat een fluctuerende druk in de manchet. De fluctuatie van de druk is het hoogste wanneer de druk in de manchet gelijk is aan de MAP. Wanneer de manchet verder leegloopt kan het bloed weer normaal door de aderen stromen, waardoor er minder drukgolven waarneembaar zijn in de manchet.

Het punt met de grootste amplitude in de fluctuatie is de MAP. Het punt waarop de amplitude het meeste toeneemt is de diastolische druk en de druk waarop de amplitude het meeste afneemt is de systolische druk.

Metten met de bloeddruksensor

Veiligheidsinstructies

De manchet wordt strak rond de bovenarm gedaan op de bovenarmslagader. Om letsel of pijn te voorkomen is het belangrijk om de volgende veiligheidsinstructies in acht te nemen:

- Doe de manchet om zoals beschreven in het volgende gedeelte van de handleiding
- Zorg dat de druk in de manchet niet hoger wordt dan 180 mmHg wanneer deze om iemands arm zit. **Een hogere druk kan pijn en/of letsel veroorzaken.**
- Laat de manchet direct leeglopen als de druk in de manchet om iemands arm boven de 200 mmHg komt.
- Metingen met de manchet rond iemands arm zouden **niet langer dan 3 minuten** moeten duren. Laat de manchet direct leeglopen wanneer deze meer dan 5 minuten om iemands arm zit terwijl er een hogedruk in de manchet aanwezig is.
- Tussen verschillende metingen aan dezelfde persoon, moet de persoon minstens 10 minuten rust nemen, waarbij de manchet van de arm gehaald is.

Het omdoen van de manchet

Bij het doen van een meting van de bloeddruk is het verstandig met iemand samen te werken.

1. Verbind de bloeddruksensor met de interface.
2. Verbind met de rubberen slang de bloeddruksensor aan de manchet.
3. Ontbloot de bovenarm van de testpersoon en laat deze persoon vijf minuten zitten met zijn arm of borsthoogte.
4. Doe de manchet stevig om de bovenarm van de testpersoon, ongeveer 2 tot 3 centimeter boven de elleboog. De rubberen slangen moeten op de biceps liggen (op de bovenarmslagader) en moeten naar de binnenkant van de hand wijzen. De proefpersoon mag zijn arm niet bewegen tijdens de meting.



Aanpassen van het ventiel

De snelheid waarmee de manchet leegloopt is aan te passen met het verstelbare ventiel. Het ventiel kan aangepast worden met de draaiknop.

De metingen zouden tussen de 60 en de 120 seconden dus het ventiel moet ingesteld worden tussen de 2 en 3 mmHg/s. Deze langzame leegloopsnelheid is belangrijk voor een nauwkeurige meting.

5. Maak een testmeting om het ventiel aan te passen en de optimale leegloopsnelheid te vinden.
 - Start de meting.
 - Pomp de manchet op door een aantal keer in de rubber ballon te knijpen, tot

de druk in de manchet tussen de 150 en 170 mmHg ligt.

- De snelheid waarmee de manchet leegloopt kan aangepast worden met het draaiventiel. Draai het ventiel met de klok mee om de manchet langzamer leeg te laten lopen. Draai het ventiel tegen de klok in om de manchet sneller leeg te laten lopen.
- Als het ventiel goed is ingesteld, kan de testmeting gestopt en verwijderd worden.

Data verzamelen

Nadat de manchet op de juiste manier om de bovenarm gedaan is en het ventiel is afgesteld kan de eigenlijke meting gedaan worden.

6. Leg de arm van de testpersoon op tafel met een open hand.

Belangrijk: *De testpersoon moet stil blijven zitten tijdens het meten – de arm en de hand mogen tijdens de meting niet verplaatst worden.*

7. Start de meting in coach.
8. Blaas de manchet op door snel een aantal keer in de rubberen ballon te knijpen, tot de druk in de manchet tussen de 150 en 170 mmHg is. Deze druk is af te lezen het sensoricoon in coach. Leg de rubber ballon op tafel nadat de manchet is opgeblazen. De manchet loopt nu leeg door het ventiel.
9. Laat het ventiel leeglopen nadat de meting klaar is.

Extra tips

Bloeddrukmetingen zullen verschillen tussen personen en ook tussen metingen bij dezelfde persoon. Er zijn veel factoren die de bloeddruk kunnen laten stijgen en dalen, waardoor er niet verwacht kan worden dat de bloeddruk elke meting gelijk is. Gebruik de volgende tips om zo nauwkeurig mogelijk te meten.

- De arm en hand van de testpersoon moeten stilgehouden worden tijdens de metingen, met de hand open, dus niet in een vuist.
- De arm kan het beste op harthoogte gehouden worden met ondersteuning.
- De juiste bevestiging van de manchet op de arm zal zorgen voor een nauwkeurigere meting.
- De bloeddruk neemt toe met de leeftijd. De vuistregel voor een normale systolische druk is de formule $100 + \text{leeftijd}$.
- Bloeddrukwaarden worden afgerond op 5 mmHg.

Hartslag frequentie bepalen

De hartslagfrequentie is te bepalen met de volgende formule:

$$\text{hartslagfrequentie} = \frac{[\text{aantal maxima}] - 1}{[\text{tijd laatste hartslag}] - [\text{tijd eerste hartslag}]} * 60$$

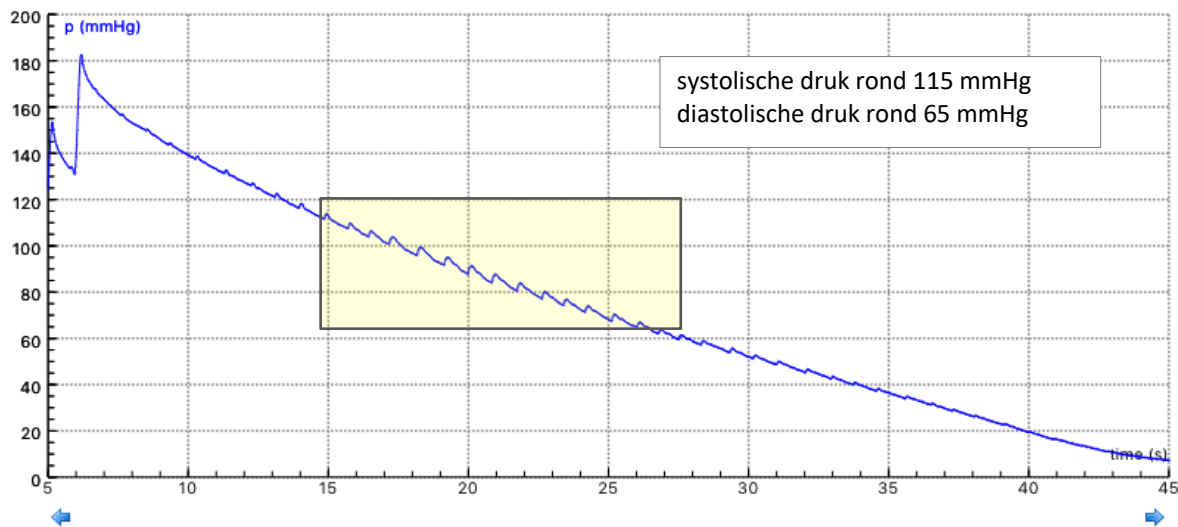
- Tel het aantal lokale maxima dat op het dalende gedeelte van de grafiek te zien is.
- Lees met de uitleesfunctie ook de tijd van het eerste en het laatste maximum uit.
- Bereken de hartslagfrequentie.

De bloeddruk bepalen

Het resultaat van de meting met de bloeddruksensor is een diagram waarin in de druk is uitgezet tegen de tijd, waarbij de drukpulsen veroorzaakt door de bloeddruk zichtbaar zijn als lokale maxima op de afnemende trend van de bloeddruk.

1. De bloeddruk handmatig uit de grafiek bepalen

De eenvoudige manier om de bloeddruk te bepalen is door handmatig het diagram van de druk uitgezet tegen de tijd te bekijken. Het punt waarop de grootste pulsen ontstaan komt overeen met de gemiddelde bloeddruk (MAP). Het punt boven de gemiddelde bloeddruk waar het drukverschil snel toeneemt, komt overeen met de systolische bloeddruk. Het punt onder de gemiddelde bloeddruk waar het verschil klein wordt, komt overeen met de diastolische druk.



Figuur 2. Een typische meting met de bloeddruksensor.

1. Bepaal de grootste drukgolf. Dit is een benadering van de MAP.
2. Bepaal waar de data begint met het vormen van snelle drukgolven. Dit is een benadering van de systolische druk.
3. Bepaal waar de data stopt met het vormen van kleine pulsen. Dit is een benadering van

de diastolische druk.

2. De bloeddruk bepalen met de oscillometrische methode

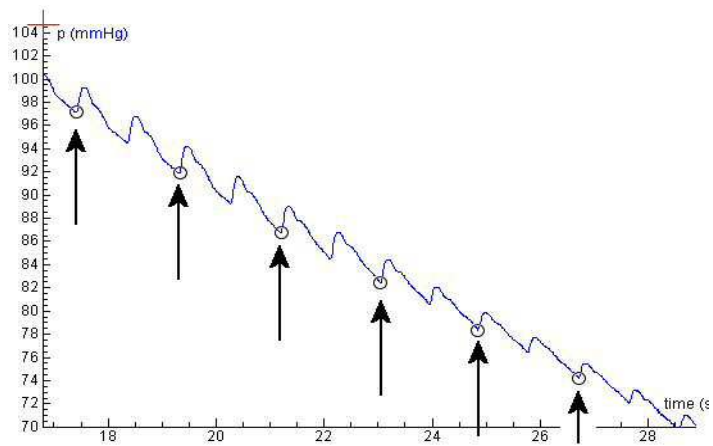
Een meer precieze maar arbeidsintensieve manier om de bloeddruk te bepalen is de oscillometrische methode. Wanneer de drukgolven geïsoleerd worden van de druk in de manchet, volgen deze een oscillerende golf. Wanneer de amplitude van de golven worden uitgezet tegen de druk in de manchet geeft dit een klokvormige omhullende kromme (zie figuur 5). Binnen deze klokvorm de amplitude neemt toe totdat de maximale amplitude is bereikt (dit correspondeert met de MAP). Daarna daalt de amplitude totdat deze nauwelijks zichtbaar is. In het algemeen ligt de systolische bloeddruk bij het punt waarop de amplitude 50% van de maximale amplitude is. De diastolische bloeddruk kan gevonden worden met dezelfde methode waarbij de amplitude 75% van de maximale amplitude is. Deze percentages zijn vastgesteld aan de hand van empirisch onderzoek.

Wanneer deze methode wordt toegepast wordt de klokvormige omhullende krommen bepaald uit de meting door het verschil te nemen van de hoogste druk in elke puls en de algemene afname van de druk in de manchet. Deze methode is hieronder beschreven voor Coach versie 7.3 en later:

- I. Bepalen van de manchet druk
- II. Bepalen van de puls druk
- III. Bepalen van de omhullende kromme
- IV. Bepalen van de bloeddruk

1. Bepalen van de manchetdruk

1. Bepaal aan de hand van de datatabel het aantal gemeten punten. In deze beschrijving nemen we aan dat de gemeten data is opgeslagen in run 1.
2. Klik met de rechtermuisknop op de grafiek en selecteer *Analyse/Verwerking > Punten selecteren/verwijderen*.
3. Selecteer bij Run de optie *Run 1* en selecteer bij selectiemethode *punten*.
4. Selecteer het allereerste punt en het allerlaatste punt en de punten waarbij de gemeten druk minimaal is. Deze punten geven de trend van de druk in de leeglopende manchet. Je kan elk tweede minimum selecteren.



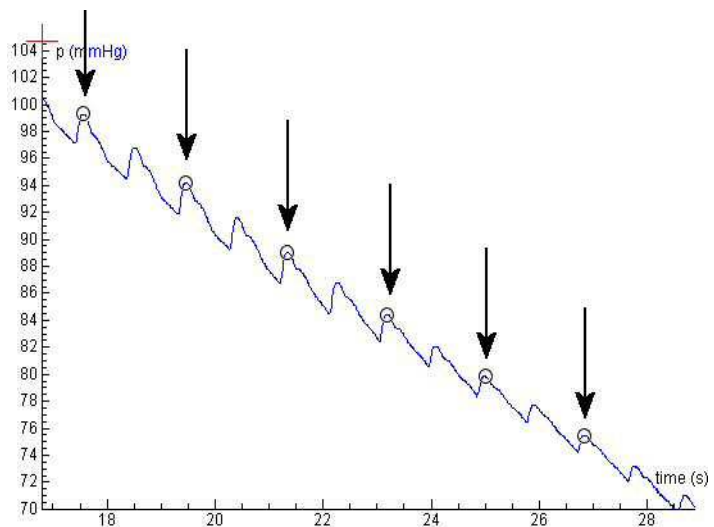
Figuur 3. Selecteer de punten waarbij de druk minimaal is, net voordat de druk weer toeneemt.

Tip: In coach kan het *selecteer/verwijder datascherm* gemaximaliseerd worden. Zoek de punten waar de druk een lokaal minimum heeft.

5. Selecteer *behoud selectie* en klik op *OK*. Run 2 is aangemaakt met daarin alleen de geselecteerde punten. Deze punten geven de grafiek van de trend druk.
6. Om het aantal punten te vergroten kan er een benadering gedaan worden van de grafiek.
 - Klik met rechts op de grafiek en selecteer *Analyse/verwerking > benadering*.
 - Selecteer bij Run de optie *Run 2* (met de selecteerde minima).
 - Selecteer als methode *Spline*.
 - Klik op *plot* om de benadering te tekenen.
 - Klik op *OK* om de benadering te accepteren.
 - Run 3 wordt aangemaakt met daarin meer punten. Deze punten zijn de trend van de druk in de manchet. Je kan deze run hernoemen naar **p_trend**.

II. Bepalen van de pulsdruk

7. Herhaal stap 2 tot 7. Markeer het allereerste punt, het allerlaatste punt en dit keer de punten waarbij de top maximaal is, dit is de top van de puls. Neem de maxima die direct achter de eerder geselecteerde minima liggen, zodat er precies even veel punten geselecteerd zijn. (Figuur 3 en 4).
8. Run 5 wordt aangemaakt met daarin de selecteerde maxima. Deze punten vormen de drukgolven.
9. Herhaal stap 6 om de data te benaderen. Hierbij wordt run 5 gemaakt met meer punten. Deze punten vormen de puls druk gegevens, die hernoemd kunnen worden als **p_puls**.



Figuur 4. Selecteer punten waarbij de druk maximaal is.

III. Bepalen van de omhullende kromme

10. Om het verschil in druk te kunnen berekenen moet de data van Run 3 **p_trend** gekopieerd worden naar Run 5 **p_puls**.
 - Selecteer een datarij (aan de rechter kant van de tabel) of selecteer een cel in de kolom van de dataserie van Run 3.
 - Wanneer de titel van de variabele **p** wordt versleept, verandert de cursor in een

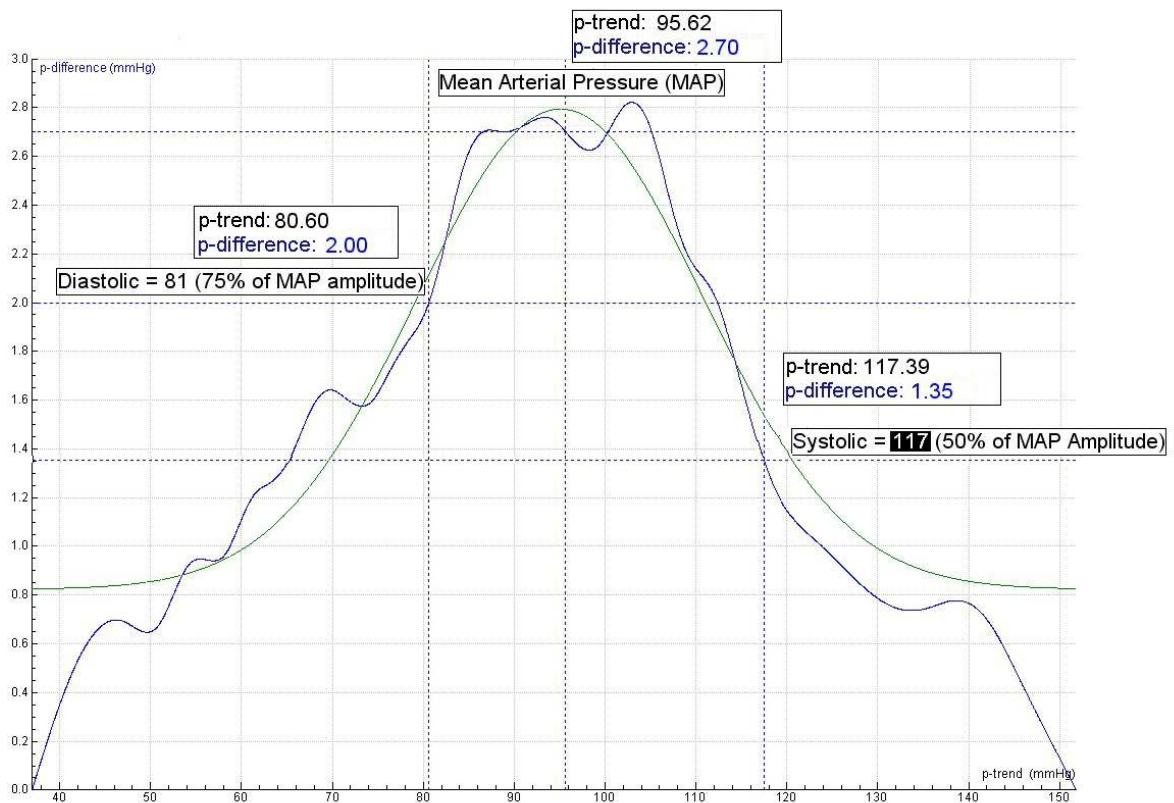
- grafiek icoon. Blijf de datarij verslepen naar het run nummer 5 aan de rechter kant van de grafiek.
- Laat de cursor los wanneer de rij is geselecteerd (het nummer van de rij wordt blauw). Een nieuwe variabele met de titel *Kopie van $p(\text{mmHg})$* zal worden toegevoegd aan Run 5.
 - De datapunten van de kolom *$p(\text{mmHg})$* van Run 3 is nu gekopieerd naar een nieuwe kolom van Run 5. Dit is te zien door Run 5 te openen. De naam van de variabelen kunnen voor de duidelijkheid veranderd worden: verander *p* naar *p_{puls}* en *kopie van p* naar *p_{trend}* .
11. Bereken de nieuwe variabele **p_{verschil}** .
 - Klik met de rechtermuisknop op de tabel en selecteer *Voeg een variabele toe > in datareeks > formule*.
 - Geef de variabele de naam *p_{verschil}* en eenheid *mmHg* en voer de formule in: *$p_{\text{puls}} - p_{\text{trend}}$* . Hiermee wordt het verschil in druk berekend.
 12. Maak een nieuwe grafiek voor de omhullende kromme, waarin *p_{verschil}* uitgezet wordt tegen *p_{trend}* .
 13. Gebruik de functiefit optie om een benadering van de grafiek te maken.
 - Klik met de rechtermuisknop op de grafiek en selecteer *analyse/verwerking > functie fit*.
 - Selecteer onder Run *Run 5* (waarin de berekening gemaakt is).
 - Selecteer de functie *$f(x) = a * \exp(-(bx+c)^2) + d$* .
 - Druk op *Schatten*. Wanneer het nodig is kunnen de individuele parameterwaarden aangepast worden. Druk daarna op *Verfijnen*. Druk op *OK* wanneer je tevreden bent met het resultaat. De fit zal toegevoegd worden als nieuwe variabele met de naam *fit van p_{verschil}* in de grafiek.

IV. Bepalen van de bloeddruk

De waarden van de bloeddruk kunnen direct vanaf de klokvormige grafiek bepaald worden of via de afgeleide van deze grafiek.

Methode 1 – directe bepaling uit de klokvorm (figuur 5):

14. Gebruik de functie *Uitlezen* om het hoogste punt van de klokvorm uit te lezen. Dit punt komt overeen met de gemiddelde bloeddruk (MAP).
15. Bepaal de systolische en de diastolische druk.
 - De systolische druk kan gevonden worden in de klokvormige grafiek bij het punt aan de rechter kant van de grafiek waarbij het drukverschil 50% is van het drukverschil bij de top van de grafiek.
 - De diastolische druk kan gevonden worden in de klokvormige grafiek bij het punt aan de linker kant van de grafiek waarbij het drukverschil 75% is van het drukverschil bij de top van de grafiek.



Figuur 5. Een klokvormige “envelop curve” uitgezet tegen de trend van de druk in de manchet. Omdat bloeddruk meestal afgerond wordt met stappen van 5 ligt de bloeddruk op 120/80. Een fit van de grafiek is geplot om het maximum van de grafiek te vinden.

Methode 2 – bepaling met de afgeleide

14. Klik met de rechtermuisknop op de klokvormige grafiek en selecteer *analyse/verwerking > afgeleide*.
15. Selecteer bij Run de optie *Run 5*.
16. Selecteer bij variabele de variabele *Fit van p_verschil*.
17. Selecteer onder orde *Eerste afgeleide* en onder methode *Differenties*.
18. Klik op *Plot*.
19. Accepteer met *OK*.
20. Druk op een venster om de afgeleide grafiek te plaatsen.
21. Gebruik de *uitlezen* functie om de bloeddrukwaarden uit te lezen.
 - De druk waarbij de afgeleide de horizontale as snijdt komt overeen met de gemiddelde bloeddruk (MAP).
 - De druk waarbij de afgeleide een minimum heeft komt overeen met de systolische bloeddruk.
 - De druk waarbij de afgeleide een maximum heeft komt overeen met de diastolische bloeddruk.

Referentiewaarden

The onderstaande tabel geeft een overzicht van de gemiddelde normale hartslagfrequenties en bloeddruk waarden voor jongens en meisjes met een leeftijd tussen de 10 en 19 jaar.

Leeftijd	Hartslag per minuut		Systolische bloeddruk Gemiddeld $\pm$ SD		Diastolische bloeddruk Gemiddeld $\pm$ SD	
	Jongens	Meisjes	Jongens	Meisjes	Jongens	Meisjes
10 jr	132	129	108 $\pm$ 12	109 $\pm$ 13	67 $\pm$ 9	64 $\pm$ 11
11 jr	160	131	109 $\pm$ 11	110 $\pm$ 12	65 $\pm$ 11	66 $\pm$ 10
12 jr	150	147	111 $\pm$ 13	114 $\pm$ 14	65 $\pm$ 10	68 $\pm$ 10
13 jr	144	141	116 $\pm$ 14	116 $\pm$ 14	66 $\pm$ 11	68 $\pm$ 10
14 jr	127	143	118 $\pm$ 14	116 $\pm$ 12	66 $\pm$ 10	69 $\pm$ 8
15 jr	128	127	123 $\pm$ 14	116 $\pm$ 11	66 $\pm$ 11	68 $\pm$ 11
16 jr	106	135	125 $\pm$ 14	118 $\pm$ 12	68 $\pm$ 11	69 $\pm$ 9
17 jr	107	115	126 $\pm$ 13	121 $\pm$ 13	70 $\pm$ 11	70 $\pm$ 10
18 jr	85	85	129 $\pm$ 15	122 $\pm$ 14	71 $\pm$ 9	71 $\pm$ 11
19 jr	94	77	131 $\pm$ 15	120 $\pm$ 12	71 $\pm$ 10	70 $\pm$ 10

Tabel 1: Normale bloeddrukwaarden bij jongens en meisjes van 10-19 jaar (Systolisch = Bovendruk; Diastolisch=Onderdruk; SD=Standaard Deviatie).
(Uit: van den Brande, Heymans & Monnens, *Kindergeneeskunde*, Elsevier)

Voorgestelde experimenten

De volgende experimenten kunnen uitgevoerd worden met de bloeddruksensor:

- Het gebruikt van de oscillometische methode om de bloeddruk te bepalen.
- Het meten van bloeddruk voor en na lichamelijke inspanning of tijdens het zitten en staan.
- Het vergelijken van bloeddruk na isometrische inspanningen (gewichtheffen) en ritmische activiteit zoals rennen en fietsen.
- Het bestuderen van het effect van cafeïne op de bloeddruk.

Technische specificaties

Sensor type	Analoog, genereert een uitgangsspanning van 0 – 5V
Uitgangsbereik	0 ... 375 mm Hg
Resolutie	0.1 mmHg
IJkfunctie	$p \text{ (mm Hg)} = 83.34 * V_{\text{out}}(\text{V}) - 16.67$
Maximale druk	1500 mm Hg
Temperatuurcompensatie	-0°C to 85°C
Responstijd	1 ms
Opwarmtijd	20 ms
Verbinding	IEEE1394 connector van de BT-IEEE1394 sensor kabel. De sensorkabel is niet meegeleverd.

Garantie:

De Bloeddruksensor BT17i is gegarandeerd vrij van materiaal- en constructiefouten gedurende 12 maanden na datum van aankoop mits deze onder normale laboratoriumomstandigheden wordt gebruikt. Deze garantie geldt niet als de sensor in een (lab)ongeluk beschadigd raakt of foutief is gebruikt.

N.b.: Dit product is alleen voor onderwijskundige doeleinden geschikt. Het is niet geschikt voor industriële, medische, of commerciële doeleinden of onderzoek op hoog niveau.

Rev. 17/11/2021