

# Brandstof, Remvloeistof, Smeer- en Koelmiddelen (2)

E. Gernaat (ISBN 978-90-79302-07-9)

## 1 Benzine

### 1.1 Samenstelling

Benzine is een mengsel van vele koolwaterstoffen ( $C_nH_n$ ) dat wordt gebruikt als brandstof voor benzinemotoren (en in mindere mate) als oplos- en schoonmaakmiddel. Het bestaat uit lichte fracties van het destillaatproces van aardolie met een lage viscositeit en een (laag) kooktraject tussen de 20 en 200°C. De belangrijkste koolwaterstoffen (4 tot 12 koolstofatomen) zijn:

- octaan
- iso-octaan
- nonaan
- decaan
- hexaan
- pentaan

In gewichtprocenten bevat benzine ongeveer 86% koolstofdeeltjes en 14% waterstofdeeltjes. De samenstelling van benzine aan de pomp kan in de zomer en winter verschillen. In de winter is het aandeel van de lichtere fracties vaak wat groter; in de zomer is dit juist omgekeerd. Ondanks de naam bevat moderne benzine weinig tot geen benzeen. Deze fractie is grotendeels verwijderd omdat het kankerverwekkend is. Om luchtverontreinigingen tegen te gaan zijn ook de meeste zwavelverbindingen verwijderd.

### 1.2 Dampdruk

In een gesloten benzinetank wordt de ruimte boven de vloeistof ingenomen door benzinedamp. Deze verzadigde damp geeft een zgn. dampdruk. De dampdruk is afhankelijk van de temperatuur en de samenstelling van de benzine en varieert tussen de 0,5 en 0,9 bar. In werkelijkheid zal er een mengsel zijn van lucht en benzinedamp. Door het afzuigen van de damp bij een goed afdichtende benzinetankdop zal de concentratie benzinedamp toenemen. Bij het openen van de tankdop zal dan lucht binnenkomen (koolfilterklep gesloten).

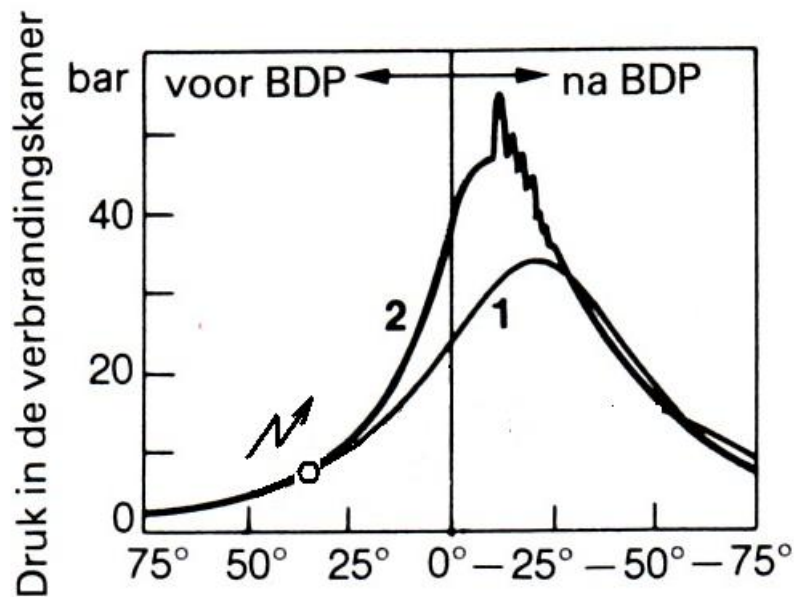
### 1.3 IJsvorming

Verdamping zoals in het inlaatspuitstuk plaatsvindt onttrekt warmte aan zijn omgeving. Onder bepaalde omstandigheden zou dan ook het water bijv. van de vochtige lucht kunnen bevriezen. De vorming van deze ijskristallen wordt tegengegaan door het toevoegen van een anti-ijsdope.

### 1.4 Klopvastheid

Aan benzine die als brandstof gebruikt wordt worden additieven (ook wel dopes genoemd) toegevoegd. De belangrijkste dope voorkomt dat de motor voortijdig gaat pingelen of kloppen. Klopvastheid is een term waarmee de eigenschap tegen kloppen van benzine wordt aangeduid. Het slaat op de mate waarin de brandstof in een brandstof-luchtmengsel kan worden samengeperst (met de daarbij behorende temperatuursverhoging) zonder tot zelfontbranding te komen. Door spontane ontbranding ontstaat een onregelmatig verbrandingsverloop (het kloppen) gevolgd door schade aan de motor (fig.1). Benzine met een hoge klopvastheid heeft een hoog octaangetal doordat het veel vertakte koolwaterstoffen bevat. Hoe hoger het octaangetal, hoe klopvaster de benzine. Het octaangetal van benzine wordt gemeten door de klopvastheid te vergelijken met een mengsel van het gemakkelijk ontbrandbare heptaan en het moeilijk ontbrandbare iso-octaan. Hierbij geldt per definitie dat de klopvastheid van heptaan 0 en die van iso-octaan 100 is. Naarmate het octaangetal hoger is, ontbrandt het gecombineerde benzine-luchtmengsel minder gemakkelijk. Klopvaste benzine laat daardoor een hogere compressieverhouding toe zonder spontaan te ontbranden en kan daarmee hogere motorvermogens leveren. Verwar het oktaangetal niet met het oktaangehalte. Bij het oktaangehalte gaat het om de daadwerkelijke hoeveelheid oktaan in de brandstof. Er bestaan brandstoffen die klopvaster zijn dan iso-octaan en dus een hoger octaangetal hebben dan 100. LPG bijv. heeft een klopvastheid van 108-110. Let wel: De werking van Dieselmotoren berust juist op spontane ontbranding of zelfontbranding.

Bij veel tankstations kan men alleen nog benzine in twee soorten verkrijgen: euro 95 en super 98. Het gaat dan om de oktaangetallen. De superbenzine is benzine met een hogere klopvastheid. Bij voorkeur dient men geen euro 95 benzine te gebruiken in auto's die 98 nodig hebben, omdat de motor zal gaan pingelen. Omgekeerd mag wel, maar is niet nodig. De meeste moderne injectiemotoren zijn uitgevoerd met klop- of pingelherkenning. Zodra er detonatie herkend wordt zal het ontstekingstijdstip tijdelijk worden verlaagd. Dit is gedaan omdat in een bepaald toeren/ belastingsgebied het motorrendement maximaal is wanneer het ontstekingstijdstip dichtbij of eigenlijk boven de kloprens ligt.



Figuur 1: Detonatie vindt plaats bij brandstof met een te laag oktaangetal (lijn 2).

### 1.5 Loodvrije benzine

De toevoeging tetra-ethyllood, dat vroeger veel werd gebruikt als antiklop-middel, is tegenwoordig vervangen door het minder milieu-onvriendelijke methyl-butylether. De benzine is hiermee loodvrij geworden. In Europa wordt sinds de jaren 90 vrijwel uitsluitend loodvrije benzine (Euro 95 en Euro 98) verkocht. Benzines met lood zijn niet meer te verkrijgen, benzines met lood-  
 vervanger slechts beperkt. Auto's met een katalysator kunnen uitsluitend op loodvrije benzine rijden. Lood tast de werking van de katalysator aan.

### 1.6 Soortelijke massa (dichtheid) en verbrandingswaarde

De dichtheid hangt af van de samenstelling en varieert tussen de 0,71 en 0,78 kg/l. In de zomer en de winter verschilt dit omdat er in de winter voor een andere koolwaterstof-samenstelling wordt gekozen. Bij de verbranding van 1 liter benzine komt ongeveer 35 MJ (= 9,7 kWh) energie vrij. In kilogrammen uitgedrukt is dit 42,7 MJ/kg. Koolwaterstoffen behoren tot de brandstoffen met de grootste energiedichtheid. Dit maakt ze voor tractiedoeleinden populair en moeilijk vervangbaar.

### 1.7 Verbranding

Bij volledige verbranding van koolwaterstof ontstaat  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ , maar bij de verbranding in een automotor is er vrijwel nooit sprake van een volledige verbranding. Het gaat altijd om een onvolledige verbranding waarbij ook deeltjes

als CO (koolmonoxide), NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> (zwaveloxide), C<sub>n</sub>H<sub>n</sub> (koolwaterstoffen) en C (roet) gevormd worden.

### 1.8 Explosiegrenzen

Benzine zelf is niet explosie-gevaarlijk, maar het kan een damp-luchtmengsel vormen wat explosief wordt. Men spreekt dan van een onderste en bovenste explosiegrens. De onderste grens ligt op 1 vol % en de bovenste op 7,4 vol %. In de motor moeten de mengsels altijd binnen de explosiegrenzen blijven. Autotechnisch spreken we vrijwel nooit over volumepercenten maar over mengverhoudingen bijv. 14,7:1 (14,7 kg lucht op 1 kg benzine) of lambda-waarde ( $\lambda = 1$ ). Genoemde waarde is de ideale mengverhouding d.w.z. die mengverhouding waarbij tijdens de verbranding alle zuurstof in de lucht wordt verbruikt, de zgn stoichiometrische mengverhouding. Men kan in de motor de mengverhouding variëren d.w.z. verrijken (bijv.  $\lambda = 0,9$ ) of verarmen ( $\lambda = 1,1$ ) maar het mengsel moet voor zijn ontbrandbaarheid altijd binnen de explosiegrenzen blijven.

### 1.9 Verbrandingssnelheid

De verbrandingssnelheid is voor de bepaling van het ontstekingstijdstip een belangrijk gegeven. Deze snelheid hangt af van de vullingsgraad van de motor, van de temperatuur van de aangezogen lucht en van de mengverhouding. Zie fig. 2. Het ontstekingstijdstip moet dus in elk geval aangepast worden aan het toerental, de belasting en de mengverhouding.

### 1.10 Ontstekingstemperatuur

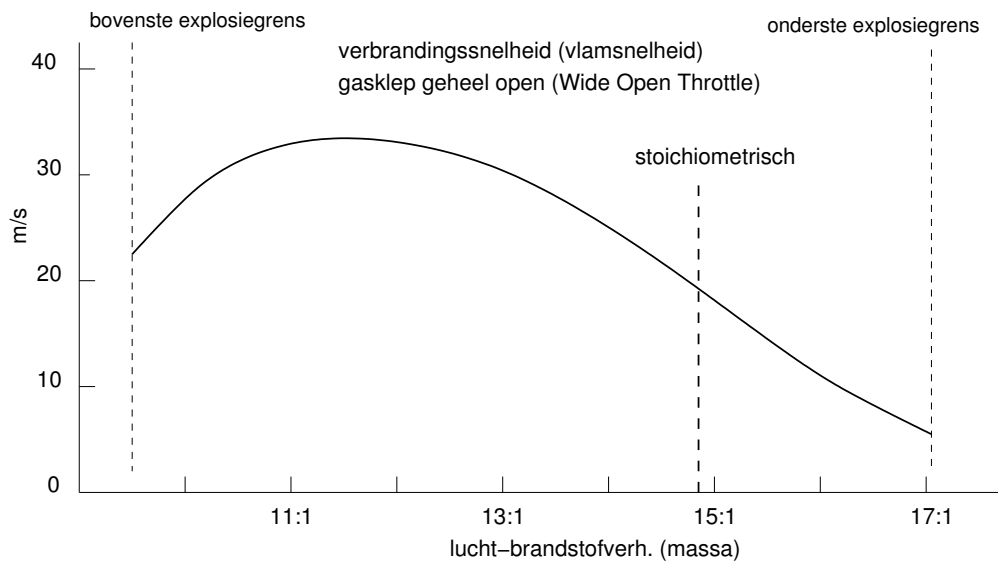
De ontstekingstemperatuur, de temperatuur waarbij het mengsel zelf tot ontbranding komt ligt op 260<sup>0</sup>C. Deze temperatuur dient aanmerkelijk hoger te zijn dan de compressie-eindtemperatuur. Bij de mengselmotor dient immers de bougievonk de verbranding in te leiden.

### 1.11 Mengverhouding in relatie tot motorvermogen en zuinigheid

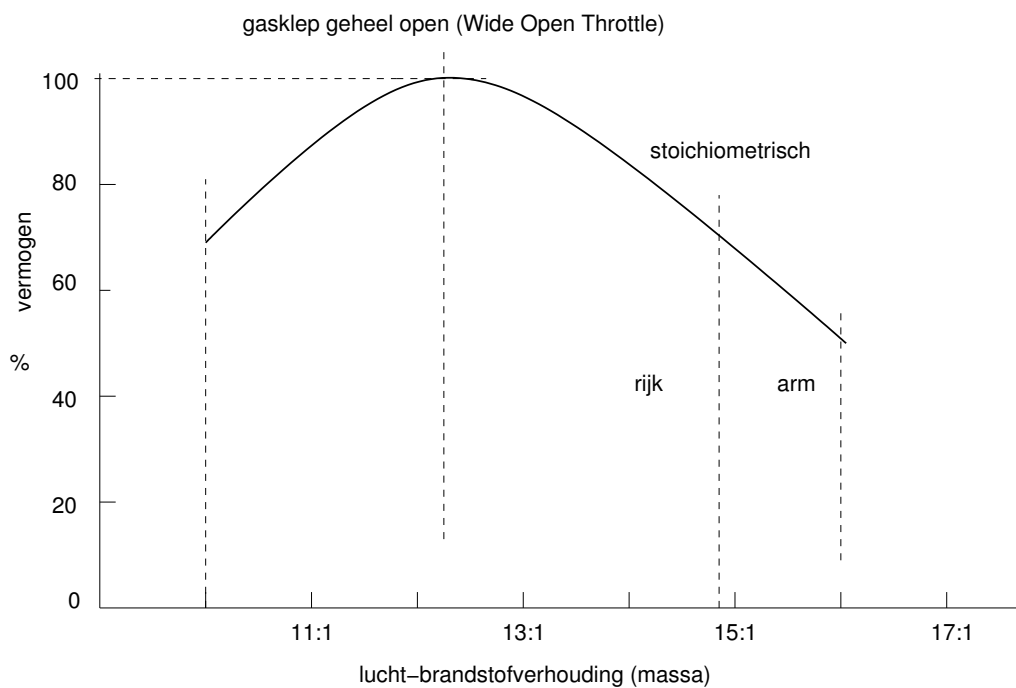
De stoichiometrische mengverhouding van 14,7 is merkwaardig genoeg niet onder alle bedrijfscondities van de motor de meest ideale. Voor meer vermogen is een wat rijker mengsel gewenst en voor een gunstiger verbruik een armer mengsel. Fig. 3 en 4 geven dit weer.

### 1.12 Gumvorming

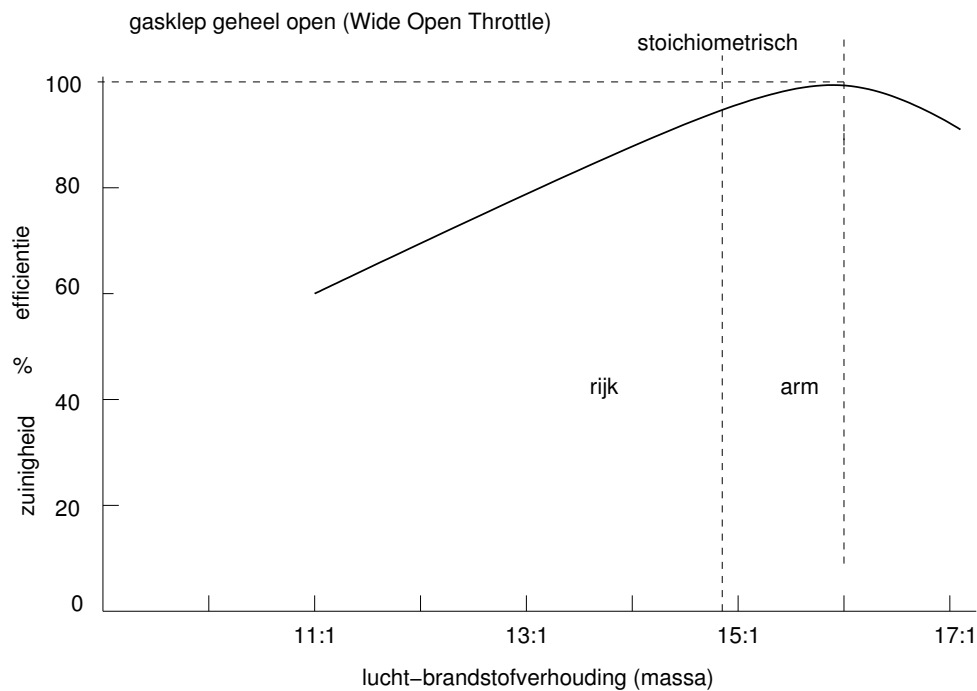
Gum wordt het residu genoemd dat onder testomstandigheden niet meer verdampt. De hoeveelheid gum wordt gemeten in mg /100 ml. In de praktijk hebben we hier nauwelijks last van. Bij veroudering van benzine neemt echter de gumvorming toe.



Figuur 2: De verbrandingssnelheid is maximaal bij een mengverhouding van ongeveer 12 op 1 (Bowling en Grippo)



Figuur 3: Een mengverhouding van ongeveer 12:1 optimaliseert het vermogen (Bowling en Grippo).



Figuur 4: Een mengverhouding van ongeveer 16:1 optimaliseert het verbruik (Bowling en Grippo).

### 1.13 Veroudering van benzine

Om de opslagbestendigheid te vergroten wordt een anti-verouderingsmiddel toegevoegd een zgn. anti-oxidatiedope. Toch wordt het afgeraden om benzine die langer dan een jaar is opgeslagen te gebruiken. Benzine in opslag gaat water bevatten en het oktaangetal vermindert sterk. Ook vaste deeltjes als roest en vuil verzamelen zich en er ontstaat gumvorming. 'Oude' benzine ontbrandt nog wel maar geeft aanleiding tot verstopping van filters en injectoren terwijl het verminderde oktaangetal pingelen veroorzaakt. Benzine in een tank van meer dan een jaar oud dient te worden afgetapt en te worden vervangen.

### 1.14 Vragen en opgaven

1. Benzine bestaat uit verschillende stoffen. Noem er drie.
2. Wat verstaat men onder het kooktraject van benzine?
3. Benzine dankt zijn naam aan de stof benzeen. Toch zit er geen benzeen in de benzine. Waarom niet?
4. Wat verstaat men onder de klopvastheid van een brandstof?
5. Bestaan er brandstoffen met een oktaangetal boven de 100? Zo ja, welke?
6. Wat is het verschil tussen het oktaangehalte en het oktaangetal?
7. Mag Euro 98 in alle benzinemotoren worden gebruikt?

8. Wat zijn de problemen van lood als klopperhogend middel in de benzine?
9. Koolwaterstoffen hebben een grote energiedichtheid. Wat verstaat men hieronder?
10. Noem de onvolledige verbrandingsproducten die we met een 5-gastester kunnen meten.
11. Binnen welke volumegrenzen is een benzine-luchtmengsel ontbrandbaar?
12. Wat wordt verstaan onder de stoichiometrische mengverhouding?
13. Onder welke bedrijfsomstandigheden prefereren we een rijk mengsel?
14. Wat zal er met de mengverhouding gebeuren wanneer we het gaspedaal loslaten en waarom?
15. De onstekingstemperatuur van benzine moet vrij hoog liggen. Waarom?
16. Hoeveel km/h bedraagt de optimale verbrandingssnelheid van benzine?
17. Op grond van welke argumenten is het beter om verouderde benzine niet te gebruiken?