

# Energiezuinig knielen van bussen

31-05-2002 11:15 WbMt zaal A

Sprekers:

Sven van Eijk & Daan Venekamp

## Wat is knielen?

De huidige bussen in het stads- en streekvervoer hebben de mogelijkheid bij iedere halte te "knielen". Dit houdt in dat de voorkant van de bus naar beneden zakt, waardoor het instappen vergemakkelijkt wordt. Dit is mogelijk omdat de bus geveerd is met luchtbalgen. Om te knielen laat men de voorste twee luchtbalgen leeglopen. Hierdoor zakt de voorkant van de bus maximaal 17 cm. Voor het wegrijden wordt er weer lucht in de balg gedrukt, waardoor de bus weer op z'n rijkhoogte komt te staan.



## Mogelijke oplossing

In dit onderzoek wordt gekeken of het pneumatisch knielen is uit te voeren als hydraulisch systeem. Hierdoor ontstaat een knielproces, dat onafhankelijk is van de pneumatiek van de remmen en deuren. Daarnaast eist het bedrijfsleven dat een eventueel nieuw systeem 30% energiezuiniger is dan de huidige toepassing.



## Waarom dit onderzoek?

Na elke knielbeweging is er 10 liter lucht op druk nodig om de bus weer te heffen. Dit grote volume werkt slijtage van de compressor in de hand. Omdat de compressor ook gebruikt wordt voor de remmen en de deuren, kan bij uitval van de compressor niet verder worden gereden. Daarom wordt er momenteel nauwelijks geknield, maar in de toekomst is het de bedoeling dit standaard bij iedere halte te doen. Om dit doel te kunnen bereiken is een nieuw systeem nodig dat de compressor ontziet.

**Hypothese** Een hydraulisch systeem voor het knielproces heeft bij dezelfde stijgtijd na knielen een minimaal 30% hoger energetisch rendement dan het huidige pneumatische systeem.



## Hydraulisch

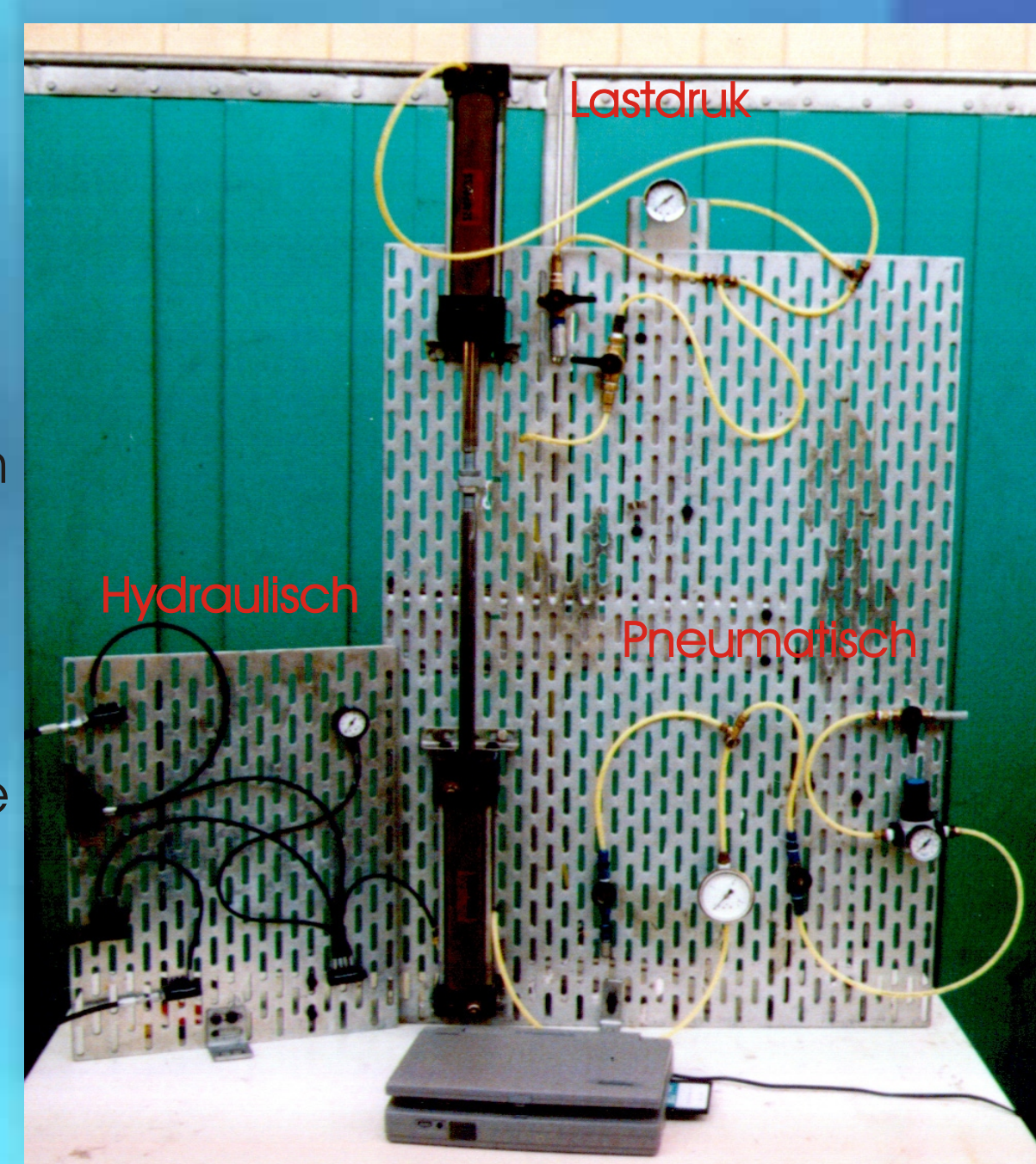
### Algemeen

Voordelen:

- Olie is nagenoeg incompressibel (niet samendrukbaar).
- Het rendement van een pomp is hoger dan dat van een compressor.
- Een oliepomp heeft geen drukvat nodig om druk op te bouwen.

Nadelen

- Olie is agressief, dus er is een gesloten systeem nodig (lekkage levert grote problemen).
- Er is een voorraadvat nodig.



## Pneumatisch

Voordelen:

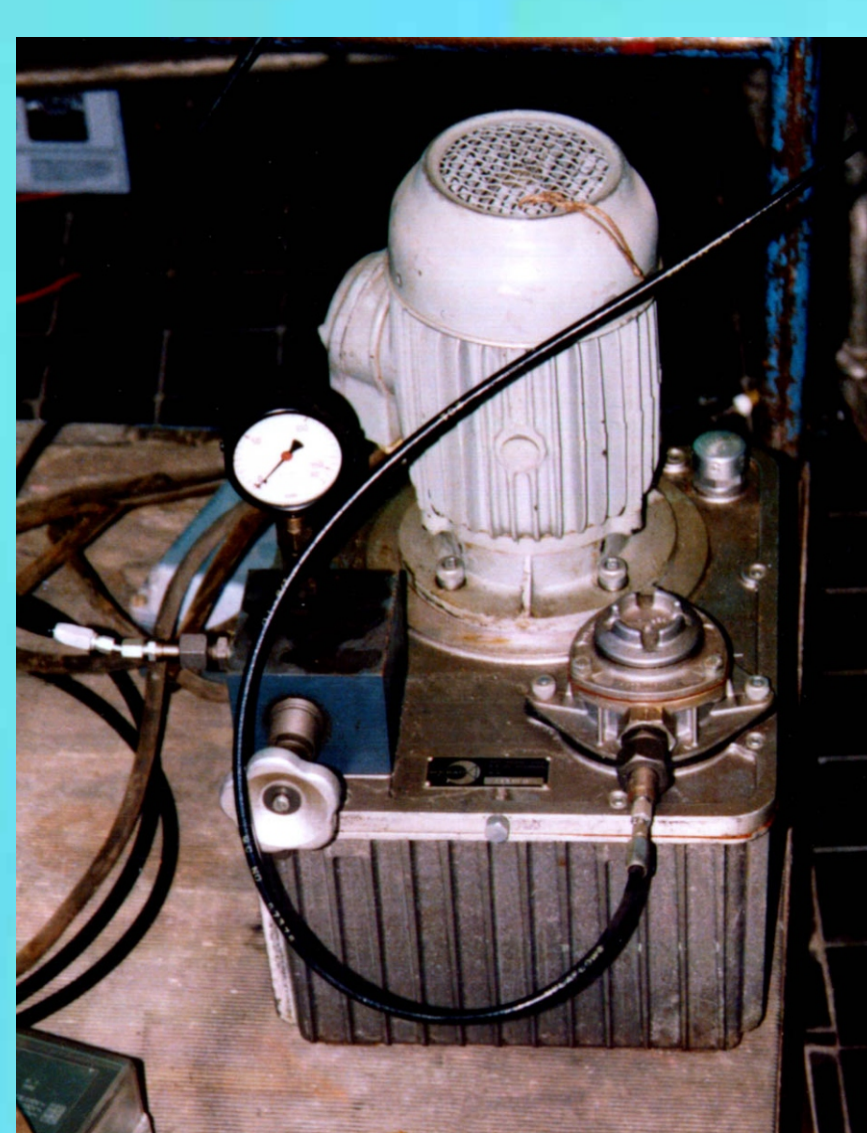
- Lucht is overal aanwezig en onschadelijk voor het milieu
- Toepassing van een open systeem is mogelijk
- Lucht ondervindt weinig wrijving

Nadelen

- Een compressor heeft een lager rendement dan een pomp, mede door warmteontwikkeling tijdens compressie
- Lucht is compressibel, dus er is een grote arbeidsslag nodig om druk op te bouwen



### Druk opbouw



In de gebruikte hydraulische opstelling wordt druk opgebouwd door olie rond te pompen met een tandradpomp (zie figuur links). Over het algemeen is een tandradpomp geschikt voor het opbouwen van hoge drukken, maar wordt er slechts een klein debiet (liters per seconde) geleverd.

In de opstelling wordt olie de cilinder ingepompt. Op het moment dat de cilinder vol is, wordt er heel snel druk opgebouwd (olie is nauwelijks samendrukbaar). Als de druk hoog genoeg is om de lastdruk te overwinnen, stijgt de zuiger.

Het is belangrijk de pomp te stoppen als de zuiger helemaal boven is. Wanneer dit niet gebeurt zal de pomp heel snel een te hoge druk opbouwen, waardoor het systeem kan beschadigen.



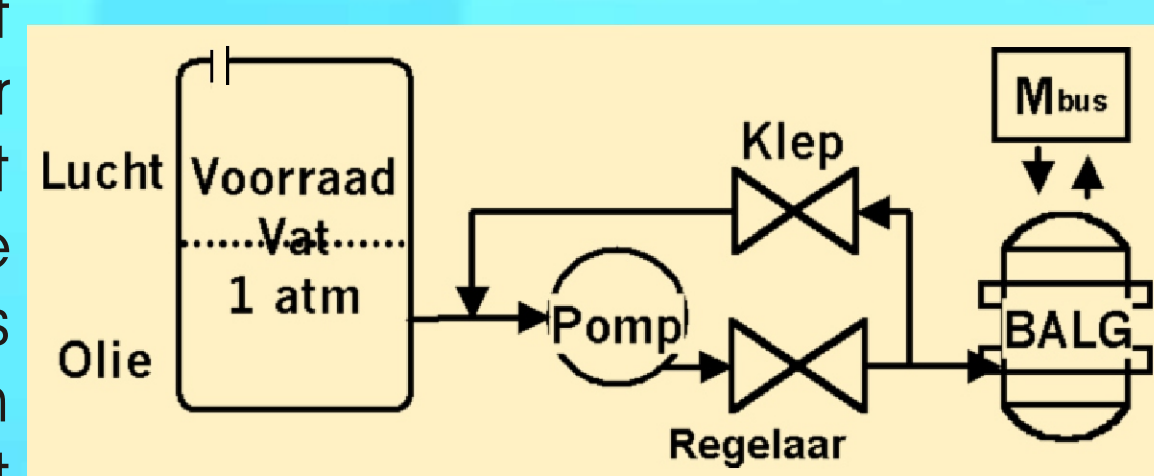
Druk opbouw bij een pneumatisch systeem gebeurt met een compressor (zie bovenstaande figuur voor een doorsnede). De werking van een compressor is vergelijkbaar met die van een cilinder in een motor: Lucht wordt aangezogen uit de omgeving en met een compressie slag in één keer op druk gebracht. Dit kleine volume wordt in een voorraadvat opgeslagen.

De compressor slaat af als de ingestelde druk in het vat is bereikt, aanslaan gebeurt weer als de druk in het vat onder een bepaald niveau zakt.

(Voor 10 liter lucht op 8 bar moet ongeveer 50 liter omgevingslucht worden aangezogen.)

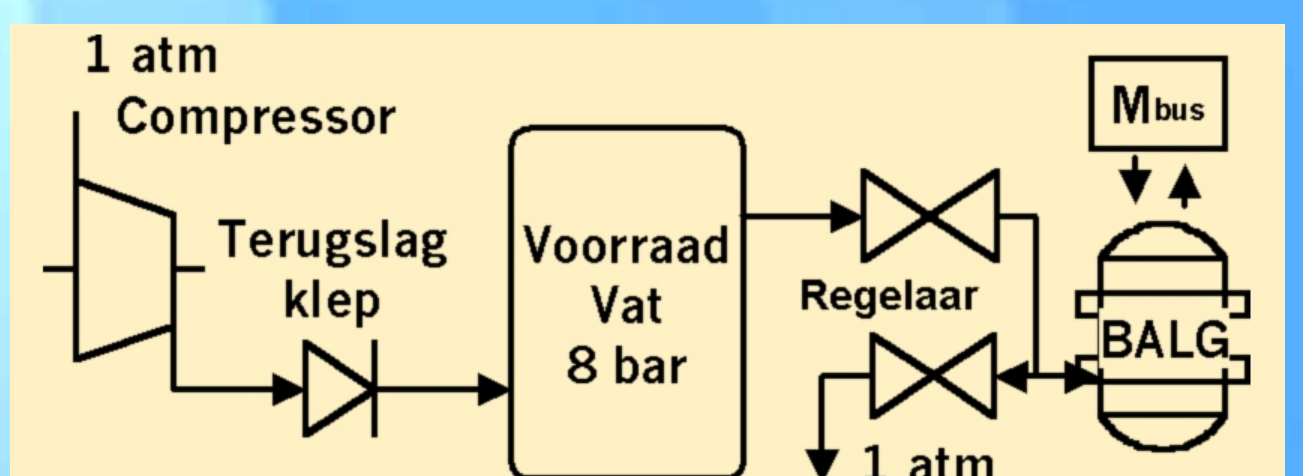
### Werking

Als de bus net geknield heeft, wordt de pomp aangezet en de regelaar geopend. Er wordt dan olie vanuit het voorraadvat de balg ingepompt totdat de bus op z'n rijstand staat. De regelaar gaat dan dicht en de pomp wordt uitgeschakeld. Bij de volgende halte wordt de klep geopend, waardoor de massa van de bus de balg leeg drukt. Omdat het voorraadvat een open verbinding heeft met de buitenlucht, blijft de druk daar atmosferisch. In de balg zit daardoor altijd een hogere druk, waardoor leegdrukken gemakkelijk gaat.

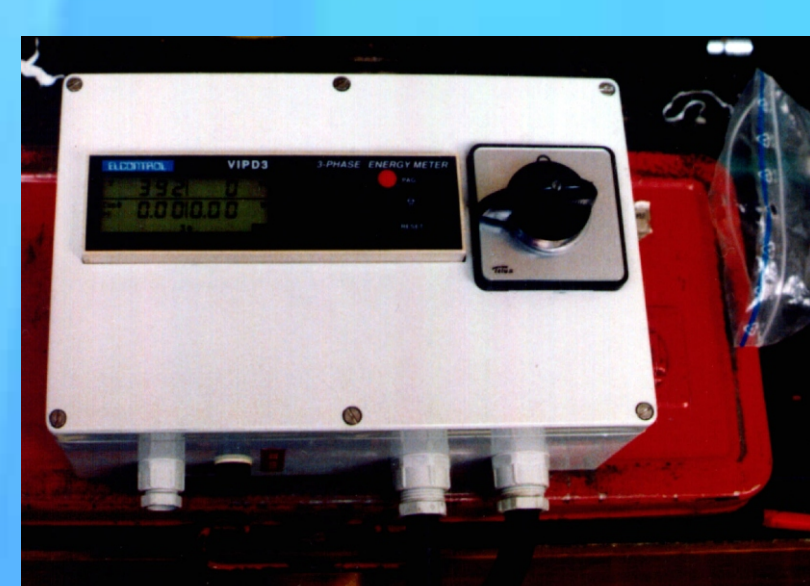


De compressor houdt het voorraadvat op een druk van 8 bar (zie boven). Als de bus na het knielen weer omhoog moet, wordt de regelaar opengezet. Er stroomt nu lucht de balg in, waardoor de bus stijgt. Bij het bereiken van de rijkhoogte gaat de regelaar weer dicht.

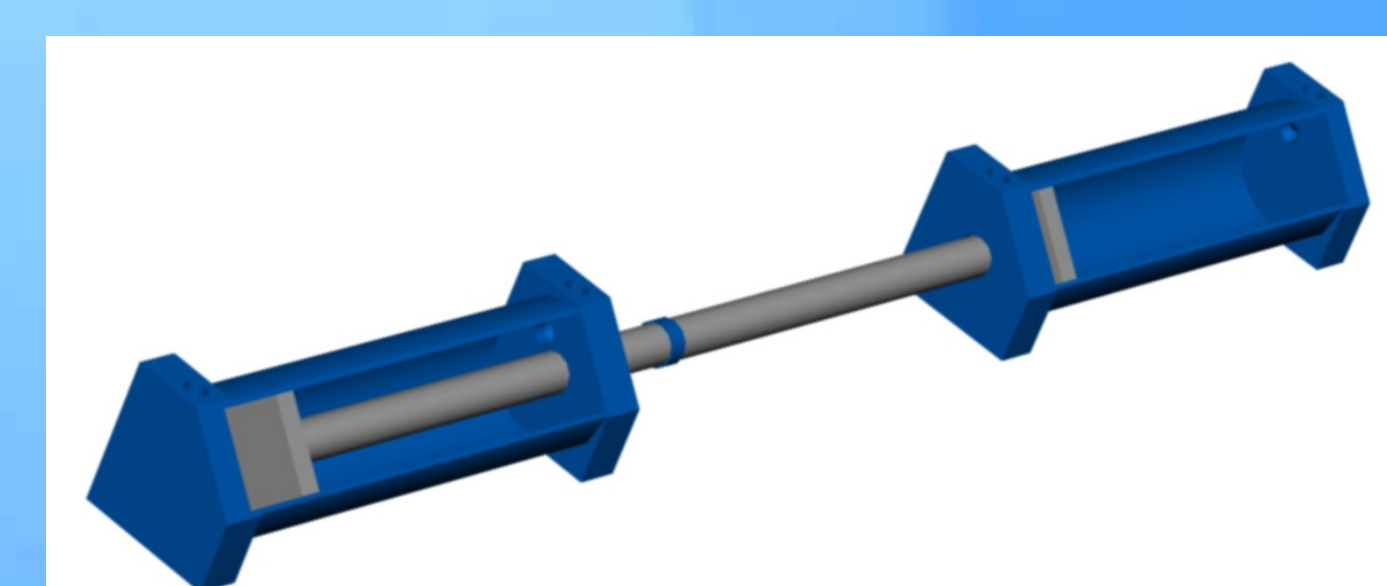
Voor het knielen wordt de onderste regelaar geopend. Er stroomt nu lucht vanuit de balg naar de buitenlucht. Als de bus ver genoeg gezakt is wordt de regelaar gesloten.



### Meting



Bij het aanbrengen van een grote massa op de zuigerstang, is de kans dat deze doorbuigt erg groot. Daarom is er voor gekozen deze massa in de opstelling te simuleren met een tweede cilinder die met perslucht op een constante druk gehouden wordt (zie rechter plaatje). Het indrukken van deze cilinder is vergelijkbaar met het heffen van de massa. De benodigde energie voor het liften van de massa (verplaatsen van de lastdrukszuiger) werd gemeten met een kWh-meter (zie linker plaatje)



### Resultaten

Ook benieuwd? Kom om 11.15 naar collegezaal A