

# Höhensimulationsprüfstand P4

DLR-Standort Lampoldshausen

## Kurzbeschreibung

Der Prüfstand P4 wurde zwischen 1963 und 1966 errichtet und seitdem mehrfach umgebaut und erweitert. Durch die angeschlossene Höhensimulationsanlage kann die gesamte Flugphase eines Oberstufentriebwerks unter Weltraumbedingungen erprobt werden. Der Prüfstand P4 ist damit europaweit einzigartig und auch weltweit ein Meilenstein für Triebwerkstests im Vakuum.

## Ziele

- Untersuchung von Oberstufentriebwerken auf ihr Zündverhalten im Vakuum, Analyse der thermischen Belastung der Strukturen und Messung des Vakuumschubs bei voll ausgeprägter Düsenströmung
- Durchführen von Entwicklungs-, Qualifikations- und Abnahmeversuchen von Oberstufentriebwerken

## Anwendungen

- Entwicklungs- und Qualifikationskampagnen des Oberstufentriebwerks Vinci® seit 2005 für die Ariane Trägerrakete
- Qualifikations- und Flugabnahmeversuche des Oberstufentriebwerks Aestus für den Transport des ATV zur ISS oder der Galileo-Satelliten

## Perspektiven

- Vinci®-Triebwerks-Kampagnen: Flugbegleitende Tests
- AESTUS „Ariane Research and Technology Accompaniment“ (ARTA) Kampagne: Kompetenzaufbau über Triebwerk und Treibstoffe

## Beteiligte

Europäische Weltraumorganisation ESA

## Daten und Fakten

### P4.1

Flüssigwasserstoff: 135 m<sup>3</sup> bei -253 °C  
Flüssigsauerstoff: 50 m<sup>3</sup> bei -183 °C  
Brenndauer Vinci: 820 s

### P4.2

Monomethylhydrazin: 1.400L bei 20 °C  
Distickstofftetroxid: 1.400L bei 20 °C  
Brenndauer AESTUS: 300 s

### P4 Dampferzeuger

Treibstoffe: Alkohol / Flüssigsauerstoff  
Thermische Leistung: 650 MW



# Höhensimulationsprüfstand P4

DLR-Standort Lampoldshausen

Triebwerke in Raketenoberstufen werden nach der Stufentrennung unter **Vakuumbedingungen** betrieben, wie sie außerhalb der Erdatmosphäre vorherrschen. Das Fehlen der Atmosphäre beeinflusst dabei thermodynamische und physikalische Eigenschaften, maßgeblich das **Zündverhalten** in der Brennkammer und die **Schubentwicklung** in der Düse. Des Weiteren ändert sich im Weltraum die Wärmeübertragung an Triebwerkskomponenten durch fehlende Konvektion. Aus diesen Gründen ist es notwendig, die **Umgebungsbedingungen** während der Flugphase des Triebwerks schon bei Tests am Boden möglichst real zu simulieren.

Die größte Herausforderung hierbei ist, den niedrigen Vakuumdruck von circa 5 Millibar in der Anlage zu halten, während das Triebwerk große Mengen von Abgas ausstößt. Dies wird durch die Nutzung der Energie des Abgasstrahls erzielt: Die aus der Düse austretende Überschallströmung wird durch einen Diffusor verlangsamt und rückverdichtet. Zusätzlich folgt eine Absaugung über Dampfstrahl-Ejektorstufen und Auskondensation der Abgase.

Neben der Simulation der Weltraumbedingungen, was den Prüfstand P4 zu einer überaus komplexen Testanlage macht, ist die Simulation des Trägersystems, die Hauptaufgabe des Prüfstands. Auch hier wurde Wert darauf gelegt, die Ariane-Oberstufe möglichst realitätsnah abzubilden. Dies umfasst am P4.1 nicht nur die Versorgung des Vinci®-Triebwerks mit Treibstoff (Flüssigwasserstoff), Oxidator (Flüssigsauerstoff) und Hilfsgasen (Helium, Stickstoff) sowie die benötigte Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Auch Untersysteme der Stufe wie zum Beispiel Schubvektorsteuerung, Pogo-Unterdrückung und Steuerdruckversorgung über Bordsysteme wurden über die Entwicklungszeit nachgerüstet.

Das Vinci®-Triebwerk wird voraussichtlich Mitte 2020 in der Ariane 6, nach 126 Tests am P4.1, seinen Erstflug absolvieren.

