Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 40

Artikel: Wasser als Dichtungsmedium: Bauausführungsgerechtes Abdichtungssystem für Stehtankanlagen
Autor: Vogt, Karl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73174

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

analysis presented in this paper new Swiss Specifications have been prepared and introduced for the design of reinforced and prestressed concrete beams under bending and shear.

Verdankungen

Die beschriebenen Untersuchungen waren *Teil eines Forschungsprogrammes* am *Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich* und wurden vom *Verein Schweizerischer Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten* und von der *Kommission für die Revision der Norm SIA 162* in grosszügiger Art und Weise unterstützt. Dafür möchten die Autoren ihren aufrichtigen Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis

[1] *H. Bachmann, B. Thürlimann:* «Schubbemessung von Balken und Platten aus Stahlbeton, Stahlbeton mit Spannzulagen und Spannbeton». Sonderdruck aus der Schweizerischen Bauzeitung, 84. Jahrgang, Hefte 33 und 34, 18. und 25. Aug. 1966. Bericht Nr. 8, Institut für Baustatik, ETH Zürich, August 1966.

[2] *R. Caflisch, B. Thürlimann:* «Schubversuche an teilweise vorgespannten Betonbalken», Bericht Nr. 6504-2, Institut für Baustatik, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Okt. 1970.

[3] *R. Caflisch, R. Krauss, B. Thürlimann:* «Biege- und Schubversuche an teilweise vorgespannten Betonbalken, Serie C», Bericht Nr. 6504-3, Institut für Baustatik, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Feb. 1971.

[4] *J. Grob:* «Traglast von Stäben mit dünnwandigen offenen Querschnitten», Bericht Nr. 56, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Juni 1975.

[5] *J. Grob, B. Thürlimann:* «Ultimate Strength and Design of Reinforced Concrete Beams under Bending and Shear», IVBH-Abhandlungen, Band 36-II, Zürich, 1976.

[6] *P. Lampert:* «Torsion und Biegung von Stahlbetonbalken», Sonderdruck aus der Schweizerischen Bauzeitung, Januar 1970, Bericht Nr. 27, Institut für Baustatik, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Januar 1970.

[7] *P. Lampert, B. Thürlimann:* «Ultimate Strength and Design of Reinforced Concrete Beams in Torsion and Bending», Sonderdruck aus IVBH-Abhandlungen, Band 31-I, Zürich 1971, Bericht Nr. 42, Institut für Baustatik, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Januar 1972.

[8] *F. Leonhardt, R. Walther:* «Schubversuche an einfeldrigen Stahlbetonbalken mit und ohne Schubbewehrung», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 151, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 1962.

[9] *P. Marti, B. Thürlimann:* «Fliessbedingung für Stahlbeton mit Berücksichtigung der Betonzugfestigkeit», Beton- und Stahlbetonbau, 72. Jahrgang, Heft 1, Januar 1977.

[10] *P. Müller:* «Failure Mechanisms for Reinforced Concrete Beams», IVBH-Abhandlungen, Band 36-II, Zürich 1976.

[11] *B. Thürlimann, J. Grob, P. Lüchinger:* «Torsion, Biegung und Schub in Stahlbetonträgern», Vorlesungsunterlagen, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, April 1975.

[12] *B. Thürlimann, P. Lüchinger:* «Steifigkeit von gerissenen Stahlbetonbalken unter Torsion und Biegung», Sonderdruck aus Beton- und Stahlbetonbau, 68. Jahrgang, Heft 6, Juni 1973. Bericht Nr. 46, Institut für Baustatik, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Juni 1973.

[13] *«Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton»,* Norm SIA 162. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich, 1968,

[14] *«Bruchwiderstand und Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken»,* Richtlinie 34 zu Norm SIA 162, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich, 1976.

Adresse der Verfasser: Dr. *J. Grob,* c/o Ingenieurbüro Schneller, Schmidhalter und Ritz, Nordstr. 11a, 3900 Brig, und Prof. Dr. *B. Thürlimann,* Institut für Baustatik und Konstruktion, ETHZ, Hönggerberg, 8093 Zürich.

Wasser als Dichtungsmedium

Bauausführungsgerechtes Abdichtungssystem für Stehtankanlagen

Von **Karl Vogt,** Wildegg

DK 621.642.3

Grundlagen

Die für Auffangbecken für Stehtankanlagen massgebende Verfügung des Eidgenössischen Departementes des Innern über den *Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung durch flüssige Brenn- und Treibstoffe,* sowie anderer wassergefährdender Lagerflüssigkeiten vom 27.12.1967, bekannt unter der Kurzbezeichnung TTV (Technische Tank-Vorschriften) verlangt für Grosstankanlagen das Erstellen von Auffangbassins, die in der Lage sind, im *Katastrophenfall* den Inhalt der Tanks aufzufangen und am Versickern in den Untergrund zu verhindern. Die dabei abzudichtenden Flächen sind im allgemeinen gross. Die an sie gestellte Anforderung, es sei die Dichtheit durch Überfluten des Bodens mit Wasser nachzuweisen (TTV Art. 57, Absatz 2), hat die Baufachleute vor schwierige Probleme gestellt. So basieren die im Verlaufe der Jahre entwickelten konstruktiven Lösungen im wesentlichen auf der Dichtungswirkung von *qualitativ hochwertigen Baustoffen.* Da diese Dichtungsmedien kostspielig sind, trachtete man danach, sie möglichst dünnschichtig auszuführen.

Die Gefahr der Beschädigung solch dünner Dichtungsschichten schon während des Baus durch Unachtsamkeit ist gross. Weiter ist die *Beständigkeit* der Schichten durch die verschiedenartigsten Umwelteinflüsse im Verlauf der ganzen Gebrauchsdauer oft problematisch und im Fall eines Ölunfalles kann eine vorher nie beanspruchte Dichtungsschicht unter der plötzlich unerwarteten Belastung versagen.

Entwicklung

Diese Problematik hat die Verantwortlichen der Carbura beim Bau der Grosstankanlage *Altishausen* (TG) schon im Projektstadium veranlasst, zusammen mit dem projektierenden Ingenieurbüro (Staudacher und Siegenthaler AG, Zürich) nach anderen Lösungsmöglichkeiten für das Abdichtungsproblem zu suchen. Der im Baugelände anfallende, zum Teil sehr nasse, lehmige Boden führte zu einer Zusammenarbeit mit der Abteilung für Bodenstabilisierung der Betonstrassen AG, Wildegg. Diese drei Stellen haben in enger Zusammenarbeit bei der Realisation der Grosstankanlage Altishausen ein *B*au-*A*usführungs-*G*erechtes (BAG) Abdichtungssystem für Grosstankanlagen entwickelt. Das System BAG wurde zur allgemeinen Zulassung dem *Eidgenössischen Amt für Umweltschutz* angemeldet und hat diesen «Ausweis», praxisgemäss vorerst provisorisch, im Januar 1975 erhalten. Versuchsweise sind mit Zustimmung der zuständigen Gewässerschutz-Amtsstellen Anlagen in *Lengwil* (TG) und *Rothenburg* (LU) erstellt worden. Nach der Ausweiserteilung stehen im Bau die *Grosstankanlage Rümlang*, eine Tankanlage des OKK in *Herbligen* (BE) und eine Erweiterung der Anlagen in *Rothenburg* (LU), bei denen die Bassinabdichtungen nach diesem System erstellt werden.

Das Prinzip

Als Dichtungsmedium wirkt beim Dichtungssystem BAG Wasser, das durch den *natürlichen Meteorwasseranfall* oder

künstliche Flutung im Bassin steht. Eine solche Wasserschicht ist nach einem Ausspruch von *Th. Dracos* von der ETH Zürich das ideale Dichtungsmedium gegen jede Art von flüssigen Brenn- und Treibstoffen, weil es *unverletzlich, unbrennbar* und *selbstheilend* ist, in *genügender Menge* zur Verfügung steht und *preisgünstig* beschafft werden kann. Damit das Dichtungsmedium «Wasser» nicht durch Einwirkung von Wind oder Regen aufgewühlt werden kann und es sich mit allfälligen darauf schwimmenden Spuren des Tankinhalts vermischen oder gar emulgieren kann, wird es in einer *Schicht aus sauberem Kies* oder *Sickergeröll* gelagert, wodurch auch die *Begehbarkeit* des Bassinbodens gesichert ist.

Zur Vermeidung von Sickerverlusten verwendet das System eine *gut verdichtete Schüttung von kalkstabilisiertem, lehmhaltigem, natürlichem Boden.* Durch *Stabilisierung mit Weissfeinkalk* (Markenbezeichnung «Stabilitkalk»), hergestellt durch die Weisskalkfabriken in der Schweiz, wird der Boden in einen gut verarbeitbaren Zustand versetzt, womit ein sehr homogener Einbau mit hoher Dichte erreicht wird, was für die Sicherung von geringen Durchlässigkeitswerten und guter Tragfähigkeit wichtig ist. Der Zusatz von Weissfeinkalk gewährleistet aber auch die Wasserstabilität des Bodens, mit andern Worten, durch die dauernde Einwirkung von Wasser wird der Boden nicht aufgeweicht. Die so erreichbaren Durchlässigkeitswerte «k» liegen bei 1×10^{-7} bis 1×10^{-9} cm/sec. Das bedeutet: der Sickerverlust der stabilisierten Erdschicht ist zwar nicht Null, aber selbst bei voller hydraulischer Belastung während Wochen beträgt er nur wenige Zentimeter Wasserschichthöhe. Der berechenbare Verlust an Wasser durch Sickerung lässt sich leicht durch entsprechende Veränderung der Dicke der stabilisierten Schicht beeinflussen.

Mit der dauernden Sickerbelastung des Bassinbodens wird dieser ständig im *Zustand hoher Wassersättigung des Porenraumes* gehalten, wodurch das Bodenmaterial gegen jede Infiltration von Flüssigkeiten, die sich nicht mit Wasser vermischen, immun wird. Dieses Verhalten ist eine charakteristische Eigenschaft aller feinkörnigen Böden, die anhand von eingehenden Untersuchungen und Modellversuchen von Th. Dracos an der ETH nachgewiesen wurde. (Veröffentlicht im Heft Nr. 72 der Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau [WAWE] 1966.)

Undurchlässigkeit für Öl von stabilisiertem Boden

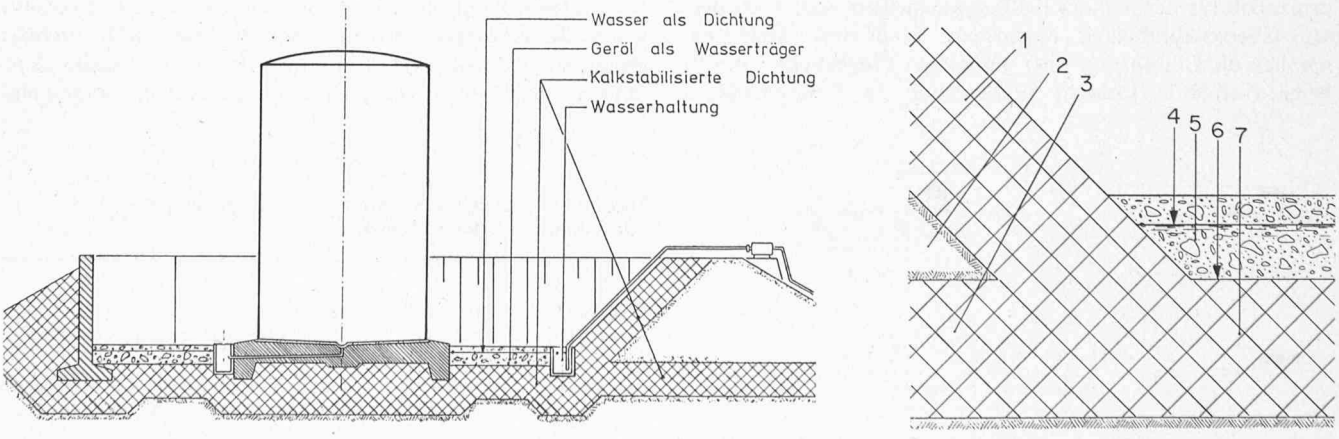
Damit war ein erster Schritt zur Entwicklung des genannten Abdichtungssystems getan. Es galt nun noch nachzuweisen, ob kalkstabilisierte Böden nicht nur unter Wasser gegen die Infiltration von flüssigen Brenn- und Treibstoffen genügend dicht sind, sondern auch im naturfeuchten, nicht dauernd überfluteten Zustand, um dieses Material auch für die *Dämme,* welche die Auffangwanne bilden, verwenden zu können. Diesbezügliche Untersuchungen sind von *F. Balduzzi* am Institut für Grundbau und Bodenmechanik an der ETH Zürich (IGB) im Jahr 1974 durchgeführt worden. Die Ergebnisse waren verblüffend, wurde doch in Laborversuchen nachgewiesen, dass feinkörnige, mit Weisskalk oder Portlandzement stabilisierte Böden, die eine normale Wassersättigung des Porenraums (ca. 80%) aufweisen, vollständig dicht sind gegenüber Flüssigkeiten, die sich nicht mit Wasser mischen, was bei den flüssigen Brenn- und Treibstoffen der Fall ist. Die gleichen mit Kalk bzw. Zement stabilisierten Böden lassen sich ferner nach vollständiger Austrocknung wohl teilweise mit flüssigen Brenn- und Treibstoffen tränken, die Infiltrationen werden aber von den untersuchten Bodenproben wieder ausgeschwitzt, wenn sie erneut der Aufnahme von Wasser ausgesetzt werden. Dieses Verhalten von feinkörnigen kalk- oder zementstabilisierten Böden bildet eine entscheidende Zulassungsgrundlage für dieses Bassinabdichtungssystem, sichert es doch die Dichtheit des Bassinbodens und der Bassinwände im Katastrophenfall auch nach *extremen Vorbelastungen,* wie sie bei langen Trockenperioden oder als Folge von Bränden auftreten.

Die Untersuchungen an ausgeführten Objekten haben aber auch die aufgrund von theoretischen Studien aufgestellte Hypothese bestätigt, wonach der ständig mit Wasser überflutete Bassinboden eine ausreichende Wassersättigung durch kapillaren Wassernachschub in den Schutzdämmen bis zu Dammhöhen von über 5 m sichert.

Eine weitere spezifische Eigenschaft von kalkstabilisierten, tonhaltigen Böden besteht darin, dass ihrer Volumenänderung zufolge Veränderungen des Wassergehalts wesentlich geringer sind als dies bei den gleichen Böden in unstabilisiertem Zustand der Fall ist. Die bekannten, tiefen *Rissbildungen,* die natürliche Tonböden als Folge des Schrumpfens beim Austrocknen zeigen, treten bei kalkstabilisierten Böden nicht oder nur in sehr geringem Masse in Erscheinung.

Ausführung

Für die technische Realisation solcher Anlagen sind immer *umfangreiche Erdbewegungen* notwendig. Da gemäss den bindenden Vorschriften der TTV Grosstankanlagen immer in den *Gewässerschutzzonen B und C* liegen müssen, ist normalerweise der angrenzende Baugrund ein feinkörniger Boden, der in den meisten Fällen mit Kalk oder Zement stabilisierbar ist. Somit lässt sich als Baustoff sehr oft das im Bauareal anfallende Aushubmaterial verwenden. Die notwenige Behandlung des Bodens mit Kalk oder Zement im Ortsmischverfahren



Stehtank innerhalb des Abdichtungssystems (links). Detailschnitt durch die Abdichtung (rechts). 1 kalkstabilisierte Dammböschung, 2 evtl. unstabilisierter Dammkern, 3 durchgehende kalkstabilisierte Sohle, 4 künstlich unterhaltener Mindestwasserstand, 5 Geröll/Sickerschicht, 6 evtl. Vliesmatte, 7 durchgehende kalkstabilisierte Sohle

ist ein vom Strassenbau her wohlbekannter Arbeitsvorgang, für den die erforderlichen Geräte in jeder einschlägigen Erdbauunternehmung verfügbar und Kader und Personal mit deren Umgang vertraut sind. Nach den Zulassungsbestimmungen muss die stabilisierte Dichtungsschicht unter sämtlichen Anlageteilen hindurchlaufen, ferner muss sie eine Minimaldicke von 50 cm aufweisen und muss in mindestens zwei Schichten eingebaut werden. Auf diese Weise ist das Dichtungssystem mit normalen Erdbaumethoden und -geräten ausführbar. Die Ausführung in *mehreren Schichten* ist notwendig, um eine einwandfreie Verdichtung zu gewährleisten. Allfällige Inhomogenität an den Nahtstellen wird daher nicht die ganze Schichtdicke umfassen, wenn die Nähte immer *versetzt* angeordnet werden.

Das beschriebene Bassinabdichtungssystem ergibt wegen der weitgehenden Wiederverwendung von im Baugelände anfallendem Erdmaterial *geringere Baukosten* als jede andere Abdichtung mit Fremdmaterial. Die Abdichtungsarbeiten sind vom Erdbauunternehmer mit seinen Ausrüstungen und seinem Baustellenpersonal auszuführen. Koordinationsprobleme mit-Spezialfirmen fallen dahin. Die erforderlichen Stabilisatoren Stabilitkalk bzw. Zement sind schweizerischer Herkunft. Ihre Produktion ist energiesparender als die anderer Dichtungsmittel.

Überwachung

Das Bassinabdichtungssystem für Tankanlagen ist *nicht durch Patente geschützt;* es kann daher von jedem Ingenieurbüro frei angewendet werden. Vom Eidg. Amt für Umweltschutz wurde bestimmt, dass Projekt und Ausführung der stabilisierten Dichtungsschichten auf ihre Qualität durch die Betonstrassen AG, Wildegg, Abteilung für Bodenstabilisierung, zu überprüfen sind. Diese Stelle steht auch jedem Interessenten, ob Bauherr, Projektverfasser, Bauleiter oder Bauunternehmer, gerne für ausführliche technische Auskünfte zur Verfügung.

Das *B*au-*A*usführungs-*G*erechte Bassinabdichtungssystem für Tankanlagen ist zweifellos eine Neuentwicklung, die, in enger Zusammenarbeit zwischen Bauherren, Projektverfassern, Wissenschaftlern, Erdbauspezialisten, Baupraktikern und den zuständigen Amtsstellen des Umweltschutzes entstanden, den verschiedenen, zum Teil stark divergierenden Anforderungen Rechnung trägt.

Adresse des Verfassers: *K. Vogt,* Ing., Betonstrassen AG, 5103 Wildegg.

Schweizerische Strahlflugzeuge und Strahltriebwerke

DK 629.13:621.438.2

Von **Georges Bridel,** Luzern und Zürich

Fortsetzung von H. 26, 1976, S. 371

Überschallprojekte P-16 C/P-17

Es ist wohl kaum die Entwicklung eines Flugzeuges denkbar, für das nicht auch Studien für Nachfolgemuster unternommen würden. So wurden auch in Altenrhein Untersuchungen über die Möglichkeit zur Weiterentwicklung des P-16 vorgenommen. In erster Linie wurde versucht, den P-16 auch im Horizontalflug überschallfähig zu machen, damit er die ihm ursprünglich zugedachte Doppelrolle des Jagdbombers (dies bedeutet Eignung zum Erd- und zum Luftkampfeinsatz) besser erfüllen könnte.

Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten zur Leistungserhöhung, nämlich durch den Einbau eines stärkeren Triebwerkes und/oder durch Anpassen der Zelle an die Erfordernisse des Überschallfluges. Tabelle 18 zeigt einige direkt aus dem P-16 hervorgegangenen und bereits 1955 vorgeschlagenen Muster.

Daraus geht hervor, dass die Konstrukteure in erster Linie die Antriebsleistung erhöhen wollten, was zu eindrücklichen Unterschall-Flugleistungen führte. Da der P-16 aber prinzipiell für den Unterschallflug konstruiert war, blieb dessen Überschallfähigkeit bescheiden. Eine erste Änderung, nämlich die Einführung einer geringeren Flügeldicke von 6% beim P-16.06-1 (kleinere Widerstände im Überschallflug) konnte diese grundlegenden Nachteile nicht wesentlich beheben.

Anfangs 1957 wurden die Studien über Nachfolgemuster ernsthaft begonnen, vorerst wiederum beruhend auf dem Konzept des geradflügligen P-16, wobei aber jetzt doch wesentliche Unterschiede feststellbar sind. Das Projekt erhielt die Bezeichnung P-16C und war in der Form P-16C/b vom Februar 1957 durch folgende Merkmale charakterisiert (Bild 55):

- Tiefdecker mit Trapezflügel, 5% Profildicke
- Weitgehende Anwendung der Flächenregel, d.h. Einschnürung des Rumpfes und der Flügelendtanks im Bereich des Tragflügels zur Verminderung des Widerstandes beim Überschallflug
- Schlanker Rumpf mit Lufteinlass als (allenfalls verstellbarer) Mehrfachstoss-Diffusor ausgebildet.

Die Konfiguration P-16C/b samt Anordnung der Klappen für den Langsamflug wurde im ETH-Windkanal eingehend untersucht, was zur Kombination von absenkbaren Nasenklappen mit einfachen Spreizklappen führte. Ebenfalls wurde die günstigste vertikale Lage des ruderlosen, drehbar gelagerten Höhenleitwerks ermittelt. In einer weiteren Ausführung wurde der P-16C/b ohne Flügelendtanks vorgeschla-

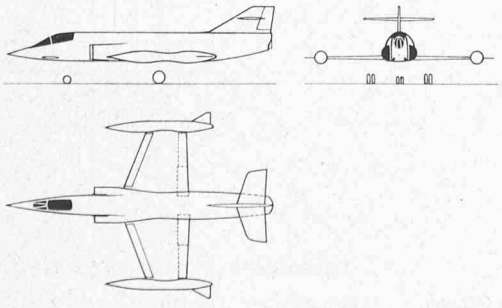


Bild 55. P-16 C/b, Vorprojekt Februar 1957. Massstab 1:400

Tabelle 18. Einige aus dem P-16 hervorgegangene, 1955 vorgeschlagene Muster

8% Flügeldicke:	
P-16.05-IA	Triebwerk SA-10, 6550 kp Standschub
P-16.05-II/III	Triebwerk SA-7 mit Nachverbrennung, Standschub 6500 kp
P-16.05-IV	Triebwerk SA-7 und Raketentriebwerk, Standschub 8000 kp; Allwetter-Jäger, knapp überschallfähig
6% Flügeldicke:	
P-16.06-I	Triebwerk SA-10 und Raketentriebwerk, Standschub 9600 kp; Höhenjäger, Mach 1,3 auf 12000 m ü.M.