

# Materialien

## Band 64

Löschen von Flüssigkeitsbränden  
als Entstehungsbrand in Lägern  
mit Hochdruck-Wassernebel



---

# Materialien

---

**Band 64**

**Löschen von Flüssigkeitsbränden  
als Entstehungsbrand in Lägern  
mit Hochdruck-Wassernebel**

von

**Dr. rer. nat. Horst Starke,**

**Dipl.-Phys. Friedrich Wienecke,**

Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (IdF LSA)

Biederitzer Straße 5, 39175 Heyrothsberge

**Dipl.-Ing. Manfred Schütz,**

Landesumweltamt NRW

---

Landesumweltamt NRW, Essen 2004

---

Der vorliegende LUA-Materialienband 64 ist der Abschlussbericht zum Projekt "Löschen von Flüssigkeitsbränden als Entstehungsbrand in Lägern mit Hochdruck-Wasserebel", das vom Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (IdF LSA) im Auftrage des Landesumweltamtes NRW (LUA NRW), durchgeführt wurde.

## Impressum:

Herausgegeben vom  
**Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)**  
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen  
Telefon (02 01) 79 95 - 0 • Telefax (0201) 79 95 - 1448  
e-mail: [poststelle@lua.nrw.de](mailto:poststelle@lua.nrw.de)  
**Essen 2004**

**Autoren:** Dr. rer. nat. Horst Starke, Dipl.-Phys. Friedrich Wienecke,  
Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (IdF LSA);  
Dipl.-Ing. Manfred Schütz, LUA NRW

**Redaktion:** Dipl.-Ing. Manfred Schütz, LUA NRW

**ISSN 0947-5206** (Materialien)

---

**Informationsdienste:** Umweltdaten und Fakten aus NRW sowie Informationen zu Umweltthemen (*Wasser, Boden, Luft, Abfall, Altlasten, Anlagen / Umwelttechnik, Lärm / Erschütterungen, Radioaktivität, Licht / Elektromog, Gentechnik, Stoffdaten*):

- Internet unter [www.landesumweltamt.nrw.de](http://www.landesumweltamt.nrw.de)

Aktuelle Luftqualitätswerte:

- Telefonansagedienst (02 01) 1 97 00
- WDR-Videotext (3. Fernsehprogramm, Tafeln 177 bis 179)

**Bereitschaftsdienst:** Nachrichtenzentrale des LUA NRW (24-Std.-Dienst):  
Telefon (0201) 71 44 88

## Vorwort

Gefahrstofflager in Gebäuden werden häufig mit automatischen Löschanlagen zur Brandbekämpfung ausgestattet. Unter Beachtung des Personen- und Umweltschutzes erwies sich Wassernebel in bisherigen Versuchen als wirksame Alternative zum Löschmittel Kohlendioxid. So wurden weitere, im vorliegenden Materialienband dokumentierte Löschversuche, die den Einfluss von Sprühbehinderungen auf die Löschwirkung untersuchen sollten, in Auftrag gegeben. Der in den Versuchen eingesetzte Hochdruck-Wassernebel war in der Lage, die inszenierten Entstehungsbrände zu löschen bzw. auf kleine Brandnester einzudämmen.



Der vorliegende Materialienband macht die erzielten Ergebnisse nun der Fachöffentlichkeit zugänglich. Er enthält die Einzelheiten der Experimente, beschreibt das jeweilige Brandszenario und nennt die bei den Löschversuchen variierten Randbedingungen. Für ähnliche Brandrisiken werden sicherheitstechnische Empfehlungen aufgeführt.

Allen an der Ausführung dieses Projektes Beteiligten danke ich für die zielführende Zusammenarbeit und für die Weiterentwicklung der Brandschutzmaßnahmen in Gefahrstofflagern. Die in diesem Bericht zusammengefassten Daten und Erkenntnisse werden den Fachleuten für Anlagensicherheit und Störfallvorsorge und der interessierten Öffentlichkeit auch über das Internet bereitgestellt.

Essen, April 2004



Dr.-Ing. Harald Irmer  
Präsident des  
Landesumweltamtes  
Nordrhein-Westfalen



# Inhalt

Vorwort.....	3
Inhalt .....	5
1 Einführung.....	9
2 Versuchsaufbau, Versuchsprogramm und Versuchsdurchführung .....	10
2.1 Versuchsaufbau .....	10
2.1.1 Brandversuchsraum .....	10
2.1.2 Regalaufbau und Regalbestückung .....	11
2.1.3 Löschanlage .....	11
2.1.4 Installation des.....	12
Messaufbaus.....	12
2.2 Brandobjekte und Versuchsprogramm.....	13
2.2.1 Brandobjekte .....	13
2.2.2 Versuchsprogramm .....	14
2.3 Zur Versuchsdurchführung und Auswertung.....	15
3 Versuchsergebnisse .....	17
3.1 Brandversuch BV01 .....	17
3.2 Brandversuch BV02 .....	21
3.3 Brandversuch BV03 .....	23
3.4 Brandversuch BV04 .....	25
3.5 Brandversuch BV05 .....	27
3.6 Brandversuch BV06 .....	29
3.7 Brandversuch BV07 .....	31
3.8 Brandversuch BV08 .....	33
3.9 Brandversuch BV09 .....	35
3.10 Brandversuch BV10 .....	37

3.11	Brandversuch BV11 .....	39
3.12	Brandversuch BV12 .....	41
3.13	Brandversuch BV13 .....	43
3.14	Brandversuch BV14 .....	45
3.15	Brandversuch BV15 .....	47
3.16	Brandversuch BV16 .....	49
3.17	Brandversuch BV17 .....	51
3.18	Brandversuch BV18 .....	53
3.19	Brandversuch BV19 .....	55
4	Vergleichende Auswertungen .....	57
4.1	Übersicht .....	57
4.2	Versuche mit Waschbenzin.....	59
4.3	Versuche mit Brennspritus .....	60
5	Zusammenfassung .....	62
	Literatur .....	63
Anhang A	Skizzen des Brandversuchsraumes und der Versuchsaufbauten.....	65
	Inhalt .....	65
	Verzeichnis der Bilder .....	65
A1	Skizzen des Brandversuchsraumes .....	66
A2	Skizzen der Regalaufbauten und der Löschanlage .....	68
A3	Skizzen der Regalbestückung und Anordnung der Temperaturmessstellen.....	71
Anlage B	Versuchsprotokolle und Temperaturkurven .....	75
	Inhalt .....	75
	Zum Aufbau des Anhanges B .....	76
	Tabellen .....	76
	Bilder .....	76

Brandversuch BV01 .....	77
Brandversuch BV02 .....	79
Brandversuch BV03 .....	81
Brandversuch BV04 .....	83
Brandversuch BV05 .....	85
Brandversuch BV06 .....	86
Brandversuch BV07 .....	89
Brandversuch BV08 .....	91
Brandversuch BV09 .....	93
Brandversuch BV10 .....	95
Brandversuch BV11 .....	97
Brandversuch BV12 .....	99
Brandversuch BV13 .....	101
Brandversuch BV14 .....	103
Brandversuch BV15 .....	105
Brandversuch BV16 .....	107
Brandversuch BV17 .....	109
Brandversuch BV18 .....	111
Brandversuch BV19 .....	113



# 1 Einführung

Am Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt (IdF LSA) wurde im Auftrag des Landes Nordrhein-Westfalen das

## **„Löschen von Flüssigkeitsbränden als Entstehungsbrand in Lägern mittels Hochdruck-Wassernebel“**

untersucht. Ziel der Untersuchung war der Nachweis, dass mit feinverteiltem Wasser (Wassernebel, Aerosole) Flüssigkeitsbrände auch in verdeckten Bereichen effektiv gelöscht werden können.

Dazu wurden Versuche mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten der Gefahrenklassen A1 und B durchgeführt.

Im zweiten Kapitel werden der Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung beschrieben. Daran anschließend werden im 3. Kapitel die einzelnen Versuche betrachtet.

Das 4. Kapitel behandelt einige vergleichende Auswertungen zwischen den Versuchen. Eine Zusammenfassung beschließt den Bericht.

Die Skizzen des Brandversuchsraumes sowie der Versuchsanordnungen sind im Anhang A enthalten. Im Anhang B wurden die aufgezeichneten Versuchsparameter sowie die unbearbeiteten Temperaturkurven aller Messstellen zusammengestellt.

Die Bilder und Formeln sind in jedem Kapitel mit 1 beginnend nummeriert. Dieser Nummer ist die Kapitelnummer vorangestellt. Beide werden durch einen Punkt getrennt. Bei den Anhängen steht vor der Kapitelnummer zusätzlich der Buchstabe des Anhanges. Bild A2.1 ist demzufolge das Bild 1 im 2. Kapitel des Anhanges A. Beziehen sich mehrere Bilder oder Tabellen inhaltlich auf gleiche Messreihen, so werden sie in einigen Fällen durch Anfügen von kleinen Buchstaben voneinander unterschieden.

## 2 Versuchsaufbau, Versuchsprogramm und Versuchsdurchführung

### 2.1 Versuchsaufbau

#### 2.1.1 Brandversuchsraum

Die Versuche wurden in dem in den Bildern A1.1 und A1.2 skizzierten Brandraum des IdF LSA durchgeführt. Die Decke dieses Brandraumes ist mit Wärmeschutzplatten (Durastil) isoliert. Die Wände sind innen mit einer 120 mm Schamottsteinwand ausgemauert.



**Bild 2.1:** Bestückung des Regals auf der Südseite des Brandversuchsraumes



**Bild 2.2:** Bestückung des Regals auf der Nordseite des Brandversuchsraumes

Gegenüber den Fensteröffnungen des Brandraumes ist ein 3200 mm hoher und 2250 mm breiter Messgang ausgespart. Der Brandraum besteht somit aus zwei nicht voneinander getrennten Abschnitten. Der Erste ist quadratisch, 5900 mm hoch und hat die Fläche von 22,7 m<sup>2</sup>. Der Zweite liegt über dem Messgang. Er hat die Höhe

von 2500 mm und die Fläche von 12.9 m<sup>2</sup>. Daraus resultiert ein Gesamtvolumen von 173 m<sup>3</sup>.

### 2.1.2 Regalaufbau und Regalbestückung

An der Süd- und Nordseite des Brandversuchsraumes wurde je ein Regal aufgebaut, dessen Abmessungen den Skizzen A2.1 und A2.2 zu entnehmen sind. Die Draufsicht im Bild A2.3 zeigt die Lage im Brandraum. Somit besteht die Möglichkeit, in jedem Regal Lagergut in drei Ebenen aufzubewahren. Die erste Ebene entspricht dabei dem Fußboden.

Die Skizzen zur Regalbestückung und die Nummerierung der Gitterboxpaletten sind in den Bildern A3.1 bis A3.3 enthalten. Die Gitterboxpaletten waren während der Versuchsdurchführung oben offen. Die Bilder 2.1 und 2.2 zeigen einen Blick auf die Regale an der Süd- und an der Nordseite.

### 2.1.3 Löschanlage

Die Hochdruck-Löschanlage wurde von der FOGTEC Brandschutz GmbH installiert. Die Anlage wird bei 100 bar betrieben. Die Bilder A2.1 bis A2.3 zeigen die Anordnung der Löschanlage im Brandraum. Die Entfernung der Düsen zum Fußboden betrug ca. 5000 mm.



**Bild 2.3:** Blick auf die Löschanlage

Die Wasserzuleitung erfolgte über einen Nachbarraum von der Nordseite aus (vgl. Bild A2.3). Nur wenige Zentimeter unterhalb der Decke ist als Verbindung zwischen den Brandräumen eine Bohrung vorhanden, durch die die Löschwasserleitung in den benachbarten Brandraum geführt wurde. Hinter der Wand wurde direkt unter der Decke der Löschwasserdruck gemessen. Mittels eines Hochdruckschlauches erfolgte die Wasserzuführung vom Pumpenaggregat bis zum

Drucksensor. Bild 2.3 zeigt einen Blick auf die Löschanlage. Auf der rechten Seite sind die Ketten mit den Thermoelementen zu erkennen. Zwei werden zu den Düsen D<sub>2</sub> und D<sub>4</sub> geführt (vgl. Bild A2.3).

Im Bild 2.4 ist die Löschanlage während eines Sprühversuches zu sehen.



**Bild 2.4:** Blick auf die Löschanlage bei einem Sprühversuch

### 2.1.4 Installation des Messaufbaus

Während jedes Versuches wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Wetterdaten
- Temperaturverläufe
- Löschwasserdruck
- Videoaufnahme vom Brandverlauf.

Die Wetterdaten wurden mit der Wetterstation ermittelt, die im Mobilien Brandtechnischen Labor (MOBLAB) des IdF LSA integriert ist. Sie sind im Anhang B protokolliert.

Für die Aufzeichnung der Temperaturverläufe im Brandraum sowie des Löschwasserdruckes wurde die Vielstellenmesstechnik verwendet, die ebenfalls auf dem MOBLAB installiert ist. Es erfolgte eine Abspeicherung der Messwerte auf PC, wo sie zur späteren Auswertung zur Verfügung stehen.

Zur Messung der Temperatur wurden Mantelthermoelemente (Typ K - NiCr/Ni 1 mm) verwendet. Insgesamt wurden im Brandraum 15 Temperaturmessstellen installiert. Die Anordnung der Messstellen im Brandraum ist den Bildern A3.1 bis A3.4 zu entnehmen. Die Thermoelemente für die Temperaturmessstellen  $T_1$  bis  $T_9$  wurden an Ketten befestigt, die an der Decke eingehängt wurden.

Nach Durchführung der ersten Versuche (BV01 bis BV05) wurde die Kette mit den 3 Thermoelementen für die Messstellen  $T_7$  bis  $T_9$  nahe der Außenwand aufgehängt. Zur besseren Unterscheidung wurde die ursprüngliche Variante im Bild A3.3 als Variante 1 und die im Bild A3.4 dargestellte als Variante 2 bezeichnet.

Vom Messgang aus wurde die Endoskopkamera in den Brandraum geführt (s. Bilder A3.1 und A3.3). Diese Kamera kann in Brandräumen bei Temperaturen bis über 1000 °C eingesetzt werden. Im Bild 2.5 ist das Ende der Endoskopkamera neben der rechten Regalstütze zu sehen.

## 2.2 Brandobjekte und Versuchsprogramm

### 2.2.1 Brandobjekte

Dem Auftrag entsprechend wurden Flüssigkeitsbrände untersucht. Dazu wurden als Vertreter einer Flüssigkeit der Gefahrklasse A1 (Flüssigkeit, Flammpunkt unter 21 °C)

**Waschbenzin, Siedepunkt 80 °C bis 110 °C**

und in der Gefahrklasse B (Flüssigkeit, mit Wasser mischbar, Flammpunkt unter 21 °C)

**Brennspiritus**

ausgewählt (vgl. [Roempp 95, Prendke 96]).

Die Flüssigkeiten wurden in zwei Brandwannen unterschiedlicher Abmessungen verbrannt. Diese hatten die Abmaße (vgl. [DIN EN 3 Teil 1]):

**Brandwanne 13 B:**

**Durchmesser: 720 mm,**

**Oberfläche: 0.41 m<sup>2</sup>,**

**Randhöhe: 150 mm**

und

**Brandwanne 34 B:**

**Durchmesser: 1220 mm,**

**Oberfläche: 1.07 m<sup>2</sup>,**

**Randhöhe: 150 mm.**



**Bild 2.5:** Brandobjekt B34 „nicht verdeckt“



**Bild 2.6:** Brandobjekt B34 „teilweise verdeckt“

Die große Brandwanne wurde bei den Versuchen mit je 20 l der brennbaren Flüssigkeit befüllt. Bei der Kleinen wurden 10 l eingesetzt.

Das Brandobjekt wurde bei allen Versuchen auf dem Fußboden in der Mitte des Regals auf der Südseite platziert (s. Bild A3.3). Dabei wurden zwei Fälle betrachtet:

**„nicht verdeckt“**

Die Brandwanne ist in der ersten Ebene durch kein Lagergut verdeckt. Über der Brandwanne befinden sich erst in der zweiten und dritten Regalebene Gitterboxpaletten. Dies entspricht der Situation im Bild A3.1, wenn die Gitterboxpalette GB<sub>8</sub> entfernt wird. Bild 2.5 zeigt diesen Versuchsaufbau.

**„teilweise verdeckt“ bzw. „vollständig verdeckt“**

Über die Brandwanne wird in der ersten Ebene eine Gitterboxpalette platziert (s. Bilder A3.1 und 2.6). Wird die große Brandwanne 34 B verwendet, so wird das Brandobjekt nur „teilweise verdeckt“. Im Fall 13 B ist die Brandwanne in der Draufsicht betrachtet „vollständig verdeckt“. Es ist aber zwischen dem Boden der Gitterboxpalette und der Brandwanne noch ein Abstand gewährleistet.

## 2.2.2 Versuchsprogramm

Im Einzelnen wurde das in Tabelle 2.1 angegebene Versuchsprogramm durchgeführt.

Bei der Zusammenstellung des Programms wurde von folgenden Überlegungen ausgegangen:

- Es sind zwei Brandstoffe zu berücksichtigen (Waschbenzin, Brennspritus).
- Die Versuche sollten Sprühbehinderungen berücksichtigen („nicht verdeckt“, „teilweise verdeckt“).
- Die Löschanlagen sollten mit unterschiedlichen Düsen betrieben werden (4 x DK7-XA-A, 4 x DK7-XB-B).
- Jeder Versuch ist einmal zu wiederholen.

Hieraus ergeben sich 16 Versuche.

In Ergänzung wurden zusätzlich drei weitere Versuche durchgeführt. Das waren die Versuche BV18 und BV19 mit der kleineren Brandwanne und der Brandversuch BV15, bei dem AFFF-Schaumbildner zugegeben wurde.

**Tabelle 2.1:** Übersicht über das durchgeführte Versuchsprogramm

<b>Brand-versuch</b>	<b>Brandstoff</b>	<b>Brand-wanne</b>	<b>Aufbau</b>	<b>Düsen</b>
<b>BV01</b>	Waschbenzin	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV02</b>	Waschbenzin	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV03</b>	Waschbenzin	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV04</b>	Brennspiritus	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV05</b>	Brennspiritus	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV06</b>	Brennspiritus	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV07</b>	Brennspiritus	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV08</b>	Waschbenzin	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV09</b>	Waschbenzin	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV10</b>	Waschbenzin	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV11</b>	Waschbenzin	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV12</b>	Waschbenzin	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV13</b>	Brennspiritus	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV14</b>	Brennspiritus	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV15</b>	Brennspiritus	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XA-A
<b>BV16</b>	Brennspiritus	34 B	nicht verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV17</b>	Brennspiritus	34 B	teilweise verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV18</b>	Waschbenzin	13 B	vollständig verdeckt	4 x DK7-XB-B
<b>BV19</b>	Waschbenzin	13 B	vollständig verdeckt	4 x DK7-XB-B

## 2.3 Zur Versuchsdurchführung und Auswertung

### *Messwerterfassung*

Nach Überprüfung des Versuchsaufbaus und dem Auffüllen des Brandstoffes wurden die Videoaufnahme und das Messwerterfassungssystem gestartet. Die Messwerterfassung beginnt beim Start mit dem Zeitpunkt Null. Die Aufzeichnung der Temperaturen und des Druckverlaufes erfolgte im Sekundentakt.

### *Versuchsdurchführung*

Bei den Versuchen waren der Rauchabzug, die Türöffnung zwischen dem ersten und zweiten Brandraum sowie die obere Fensteröffnung stets verschlossen.

Nach dem Start der Messwerterfassung wurde mit Hilfe einer Fackel durch das untere Fenster gezündet (vgl. Bild A1.1). Anschließend wurde dieses mit zwei Platten zugestellt. Diese Raumöffnungen waren alle nicht luftdicht verschlossen. Es gab mehrere Ritzen, die ein bis zwei Zentimeter breit waren.

Der Start des Pumpenaggregates erfolgte 60 s nach Zündung. Die Inbetriebnahme der Löschanlage musste aus technischen Gründen in drei Schritten realisiert werden:

- Es wurde das Wasserventil vor der Pumpe geöffnet.
- Mit ein bis zwei Sekunden Verzögerung wurde die Pumpe gestartet.
- Anschließend wurde manuell ein Druckregler am Pumpenaggregat verstellt, der im Vorfeld so manipuliert wurde, dass in seiner Endstellung an der Löschanlage der Druck von 100 *bar* anlag.

Der gesamte Vorgang dauerte weniger als 10 s.

### **Auswertung**

Die Vielzahl der aufgezeichneten Daten erfordert eine grafische Aufbereitung der Ergebnisse. Sie erfolgte auf zwei Wegen.

#### **Anhang B**

Im Anhang B sind die gemessenen Zeitreihen in ihrem Originalzustand in drei Diagrammen abgetragen. Der Zeitpunkt Null entspricht hier dem Start der Messung. Für jeden Versuch wurde zusätzlich noch eine Tabelle mit allen notierten Versuchsparametern angegeben.

#### **Kapitel 3**

Bedingt u. a. durch die Turbulenzbildung im Brandraum sind die Kurven im Anhang B stark schwankend. Es lassen sich oft die Trends im Temperaturverlauf nur schwer erkennen. Aus diesem Grund wurden Grafiken erstellt, die sich auf die aussagekräftigsten Kurven beschränken und in denen die Kurven „geglättet“ sind. Darüber hinaus wurde insbesondere die Temperaturachse fest vorgegeben. Das erleichtert den visuellen Vergleich. Bei den Kurven im Anhang B dagegen wurde die Ordinate so gewählt, dass eine maximale Auflösung erreicht wird. Er ist besonders zum Nachschlagen empfohlen, wenn eine größere Auflösung gewünscht ist.

#### **Kapitel 4**

Beziehen sich die Untersuchungen des Kapitels 3 auf den Einzelversuch, so werden hier vergleichende Bewertungen angestellt.

## 3 Versuchsergebnisse

### 3.1 Brandversuch BV01

In der Tabelle 3.1 sind die wesentlichen Versuchsparameter angegeben.

**Tabelle 3.1:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV01

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 1 (Bild A3.3)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	10 s

Beim Start der Messwertaufzeichnung wird automatisch die Zeit auf Null gesetzt. Das hat zur Folge, dass der Zeitpunkt der Zündung oder der der Aktivierung der Löschanlage bei jedem Versuch ein anderer ist. Dies erschwert den visuellen Vergleich der Kurven bei unterschiedlichen Versuchen. Aus diesem Grund wurde für die Grafiken des 3. Kapitels der Nullpunkt wie folgt definiert:

Der Vorgang des Einschaltens der Löschanlage wurde im Abschnitt 2.3 beschrieben. Wenn mit der manuellen Druckeinstellung begonnen wurde, erhöht sich dieser sehr schnell. In den Grafiken vom Typ c der Anlage B ist der Druckverlauf mit eingezeichnet. Die Kurve steigt bei der Druckerhöhung auf 100 *bar* schnell an. Als Nullpunkt wurde nun der Zeitpunkt definiert, wenn der Druck die 50 *bar*-Grenze das erste Mal übersteigt. Somit ist für alle Versuche die Zeitachse gleichermaßen definiert.

Der Zeitpunkt der Zündung liegt im negativen Bereich bei ca. –60 s.

Der in der Tabelle 3.1 angegebene Wert für „Feuer aus“ bezieht sich auf den eben definierten Nullpunkt. Er wurde visuell aus den Videoaufzeichnungen bestimmt. Der Zeitpunkt des Aktivierens der Löschanlage ist in den Aufnahmen mit einer Genauigkeit von etwa 1 – 2 s erkennbar. „Feuer aus“ wurde angenommen, wenn auf der Videoaufzeichnung keine Flamme mehr erkennbar war. Bei den Brandversuchen mit Waschbenzin war dieser Zustand sehr gut zu erkennen. Da dieses Verfahren sachbedingt mit einer Unschärfe verbunden ist, wurde die Zeit in der Regel auf Vielfache von 5 s gerundet.

Im Folgenden wird auf die für jeden Versuch erzeugten Bilder vom Typ a und b eingegangen. In diesen sind nicht alle Temperaturmessstellen berücksichtigt. Für die Auswahl waren anschließend genannte Überlegungen ausschlaggebend:

- Bei den Temperaturverläufen sollten vor allem die Messstellen berücksichtigt werden, an denen die höheren Temperaturen erreicht werden, da für die Bewertung des Löschverfahrens vor allem die maximalen Temperaturverläufe in der Abklingphase nach dem Aktivieren der Löschanlage von Interesse sind.
- In unmittelbarer Nähe der Düsen  $D_2$  und  $D_4$  waren die Temperaturmessstellen  $T_{10}$  und  $T_{11}$  positioniert (s. Bilder A2.3 und A3.3). Vergleicht man die Temperaturverläufe dieser Messstellen in den Grafiken vom Typ c des Anhangs B, so ist festzustellen, dass sie zwar unterschiedlich schnell ansteigen, die etwas höhere Temperatur meist bei  $T_{10}$  erreicht wird. Aus diesem Grund wurde die Messstelle  $T_{10}$  berücksichtigt und auf  $T_{11}$  bei den Auswertungen in diesem Kapitel verzichtet.
- Die Messstellen  $T_{12}$  und  $T_{13}$  sind an der Vorderkante des gegenüberliegenden Regals auf der Nordseite angebracht (s. A3.2 und A3.3). Da bei  $T_{12}$  meist die höhere Temperatur erreicht wurde, ist diese Messstelle berücksichtigt worden.
- $T_{14}$  und  $T_{15}$  sind über der Brandwanne angebracht worden. In Abhängigkeit vom Versuchsaufbau und den sich beim Löschen einstellenden Strömungsverhältnissen unterscheidet sich der Temperaturverlauf. Aus diesem Grund wurden  $T_{14}$  und  $T_{15}$  berücksichtigt.
- Der Druck an der Löschanlage schwankte nur um 2-3 bar. Dieser feine Unterschied ist bei den großen Ordinatenwerten nicht mehr erkennbar. Aus diesem Grund wurde der Druck in den Bildern dieses Kapitels bis zur Zeit 0 s auf Null gesetzt und dann auf Hundert. Diese Kurve ist somit gleichzeitig eine Referenzlinie, an der das Unterschreiten der Temperatur von 100 °C gut erkennbar ist. Die Druckkurve wurde aus diesem Grund in beide Grafiken mit aufgenommen.
- Bei vielen Versuchen wurden bei  $T_1$  bis  $T_6$  (vgl. Bilder A3.1 und A3.3) an den Messstellen  $T_1$  und  $T_2$  die höheren Werte erreicht bzw. die Werte liegen an den anderen Messstellen dann nicht bedeutend darüber. Aus diesem Grund wurden als repräsentative Temperaturkurven für die Regalvorderseite  $T_1$  und  $T_2$  ausgewählt.
- Nach den Brandversuchen BV01 bis BV05 wurden die Messstellen  $T_7$  bis  $T_9$  in den durch die Südwand und das Regal gebildeten Zwischenraum gehängt, um den Temperaturverlauf in diesem Bereich zu charakterisieren. Die Auswertungen bestätigten, dass die Temperaturen an diesen Messstellen am langsamsten abklingen. Der Temperaturverlauf an diesen drei Messstellen ist jedoch vom Versuchsaufbau abhängig. Aus diesem Grund wurden alle drei Temperaturmessstellen  $T_7$ ,  $T_8$  und  $T_9$  in die Auswertung einbezogen. Aus Gründen einer einheitlichen Gestaltung erfolgte dies auch für die Versuche BV01 bis BV05. Dieser Sachverhalt ist bei der Ergebnisinterpretation unbedingt zu berücksichtigen.

Die ausgewählten Temperaturmessstellen werden nun wie folgt in den Grafiken abgebildet:

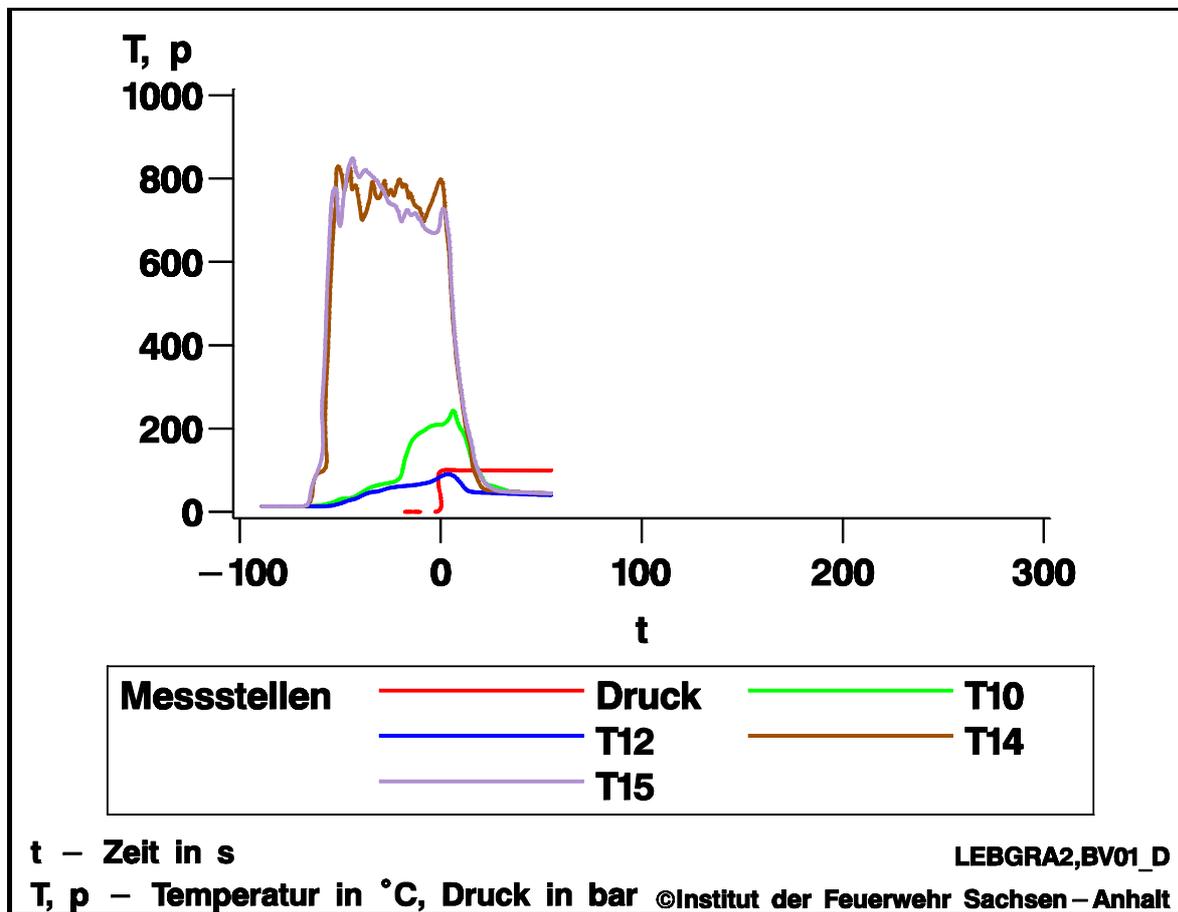
□ **Grafik vom Typ a**

Es werden der Druck sowie die Temperaturverläufe bei den Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> dargestellt.

□ **Grafik vom Typ b**

Hier werden der Druck sowie die Temperaturverläufe bei den Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> berücksichtigt.

Um die Trends bei den Temperaturverläufen besser erkennen zu können, wurden die Kurven „geglättet“. Dies hat zur Folge, dass einige Temperaturspitzen abgeschnitten werden. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die ungeglätteten Temperaturverläufe aller Messstellen im Anhang B abgelegt sind.

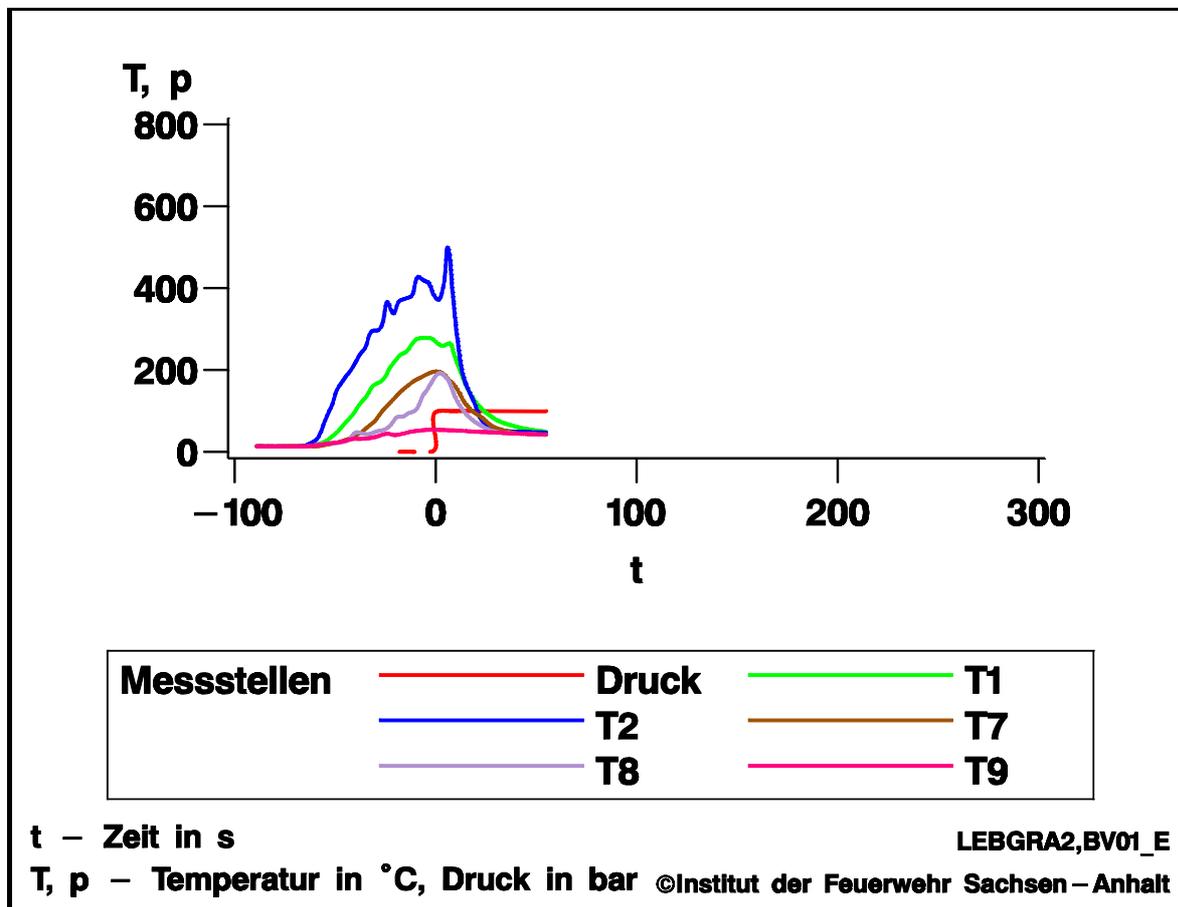


**Bild 3.1a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV01

Die Festlegung der Koordinatenachsen erfolgte nach folgenden Gesichtspunkten:

Um Unterschiede bei den Versuchswiederholungen bzw. den Einfluss von Parameteränderungen auch visuell besser erfassen zu können, sollten die Koordinatenachsen möglichst wenig verändert werden. In einigen Fällen ist dies aber dennoch erforderlich.

- Eine Analyse der Messwerte ergab, dass der Temperaturwert von 800 °C nur bei  $T_{14}$  und  $T_{15}$  überschritten wird. Aus diesem Grund wurde bei den Grafiken vom Typ a die Koordinatenachse bei 1000 °C begrenzt und bei den Grafiken vom Typ b bei 800 °C.
- Die Versuche mit Waschbenzin bei der großen Brandwanne 34 B sind durch die Zeitachse von -100 s bis +300 s beschrieben. Bei der kleinen Brandwanne 13 B wurde das Zeitintervall von -100 s bis +800 s gewählt.
- Die Brennspritusbrände dauerten wesentlich länger. Hier wurde zur Wiedergabe der wesentlichen Informationen das Intervall von -250 s bis +1750 s betrachtet.

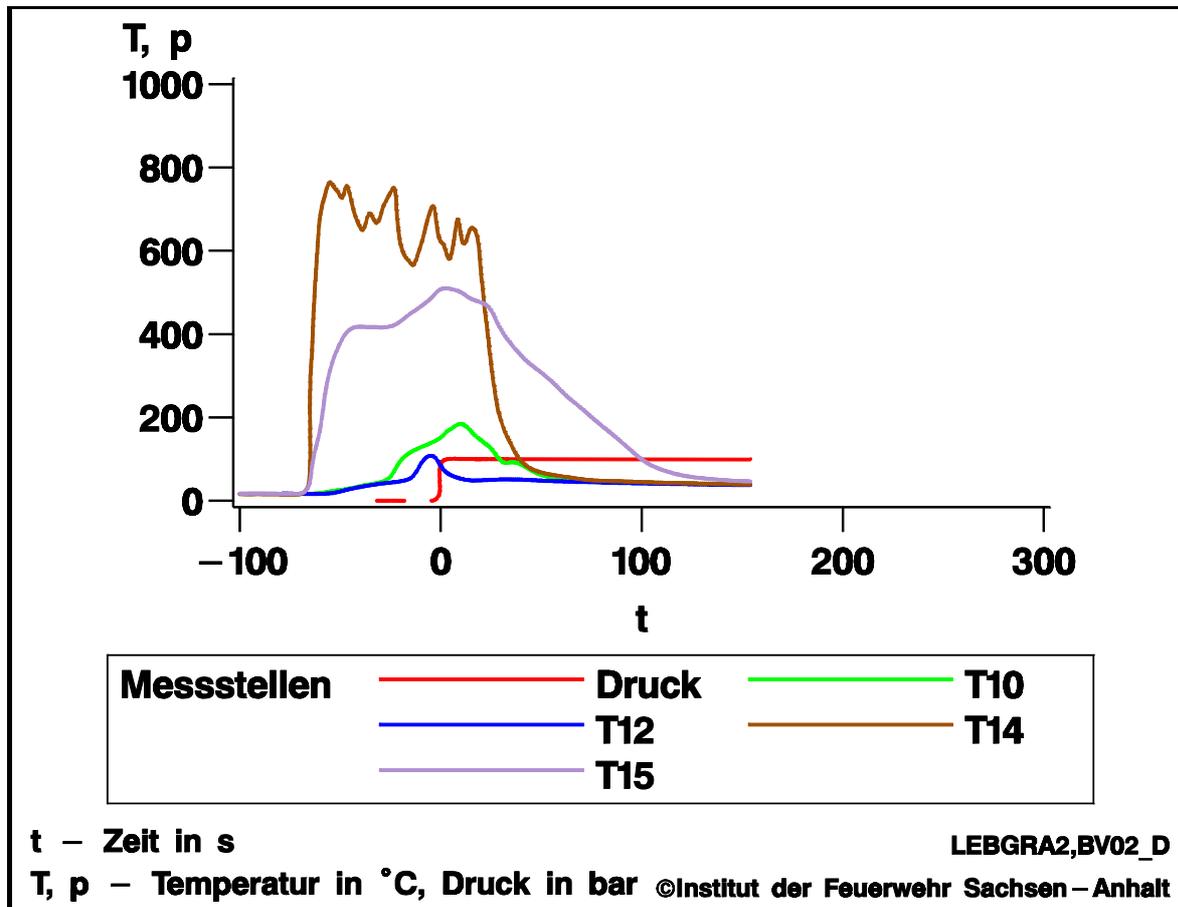


**Bild 3.1b:** Temperaturkurven für die Messstellen  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_7$ ,  $T_8$  und  $T_9$  sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV01

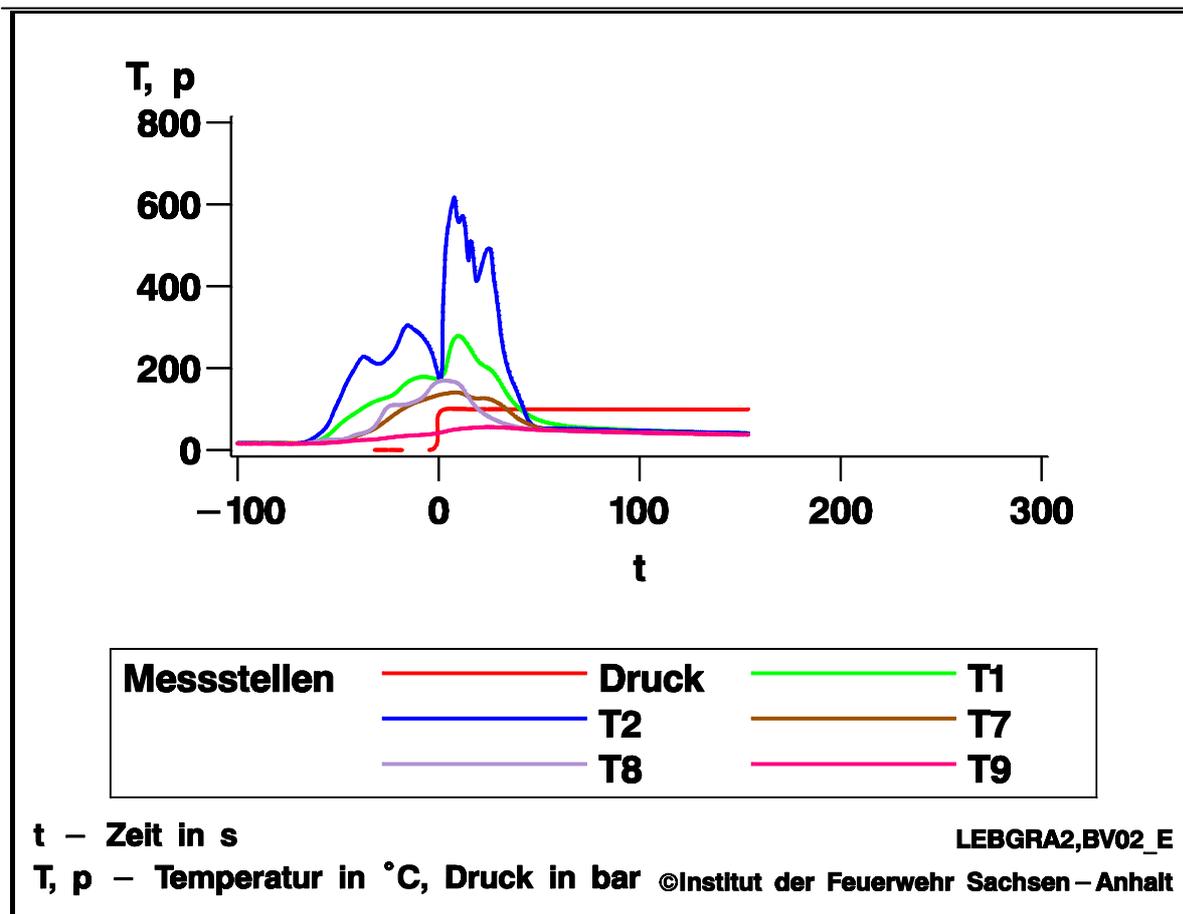
### 3.2 Brandversuch BV02

**Tabelle 3.2:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV02

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 1 (Bild A3.3)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	30 s



**Bild 3.2a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV02

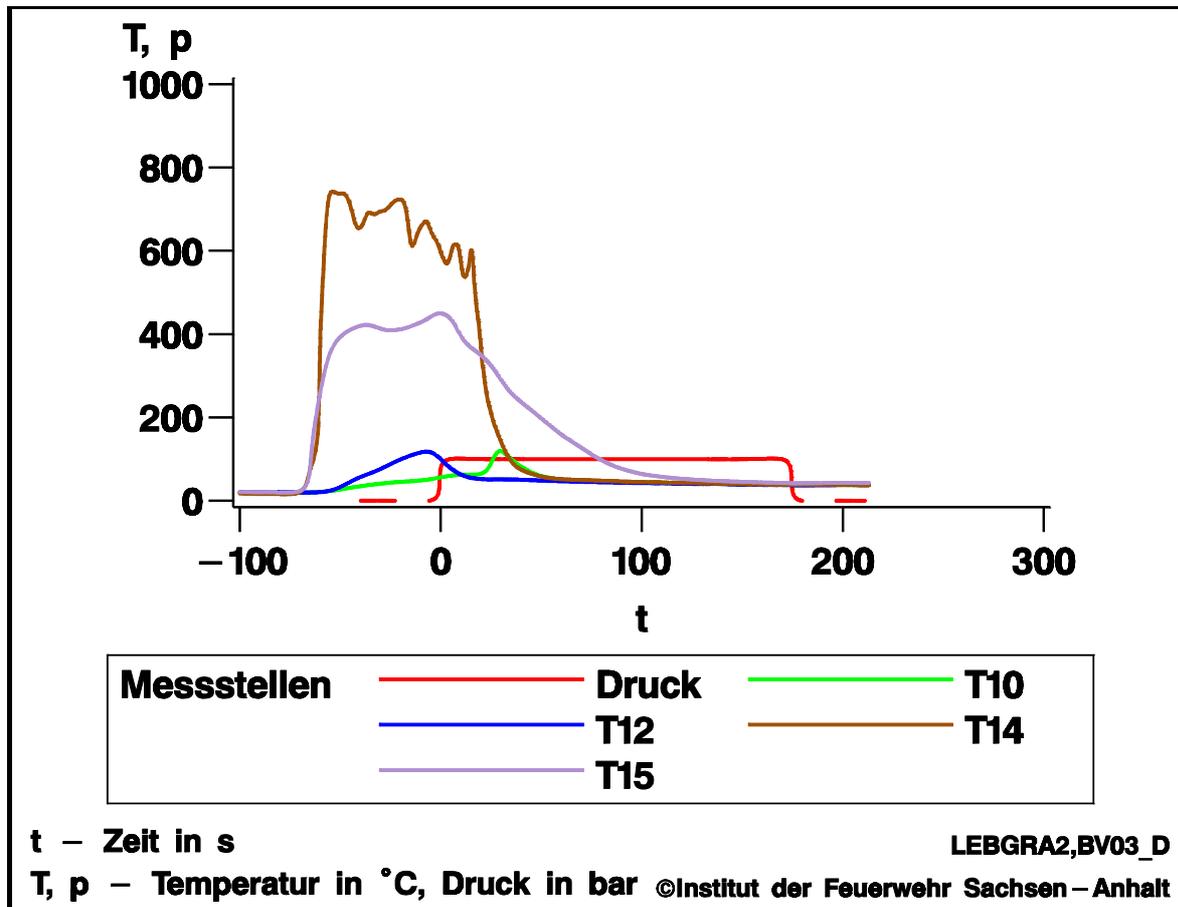


**Bild 3.2b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV02

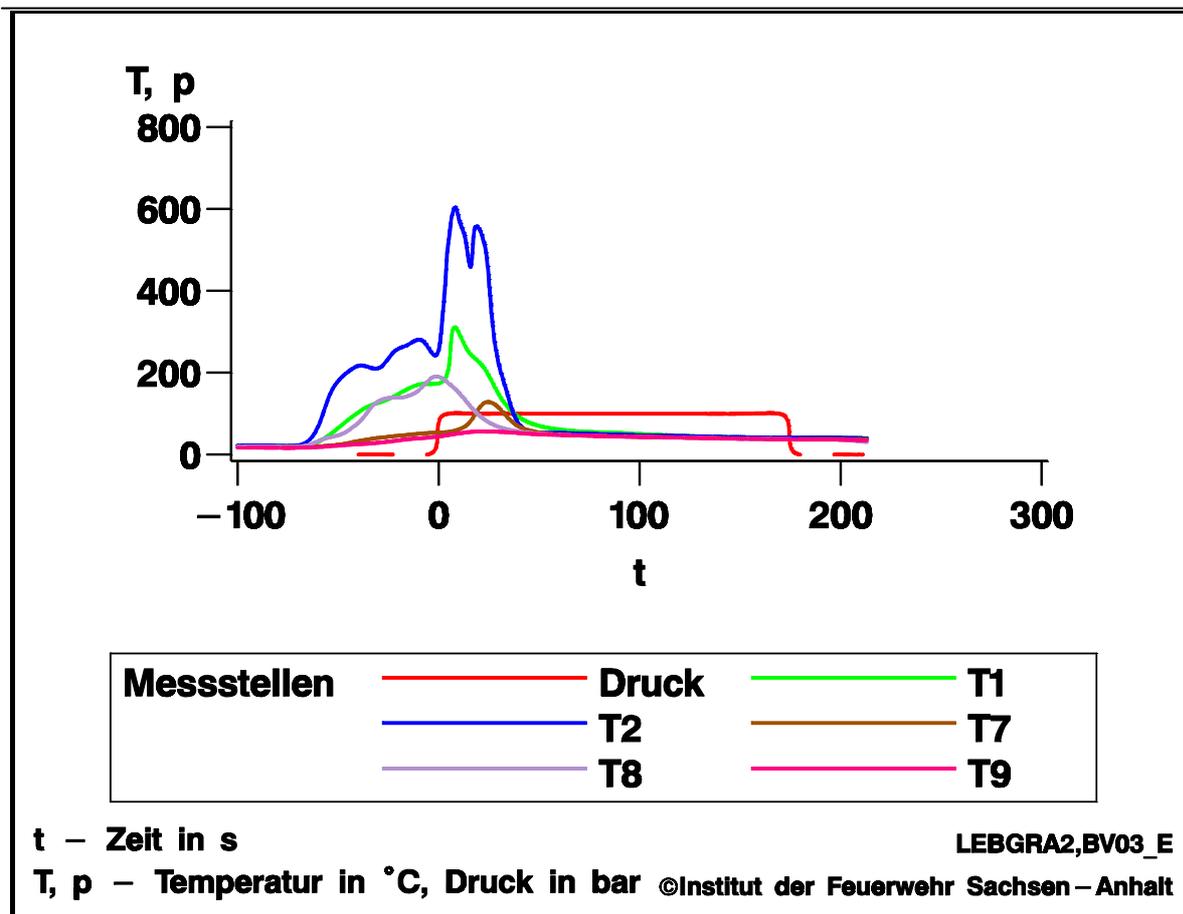
### 3.3 Brandversuch BV03

**Tabelle 3.3:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV03

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 1 (Bild A3.3)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	25 s



**Bild 3.3a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV03

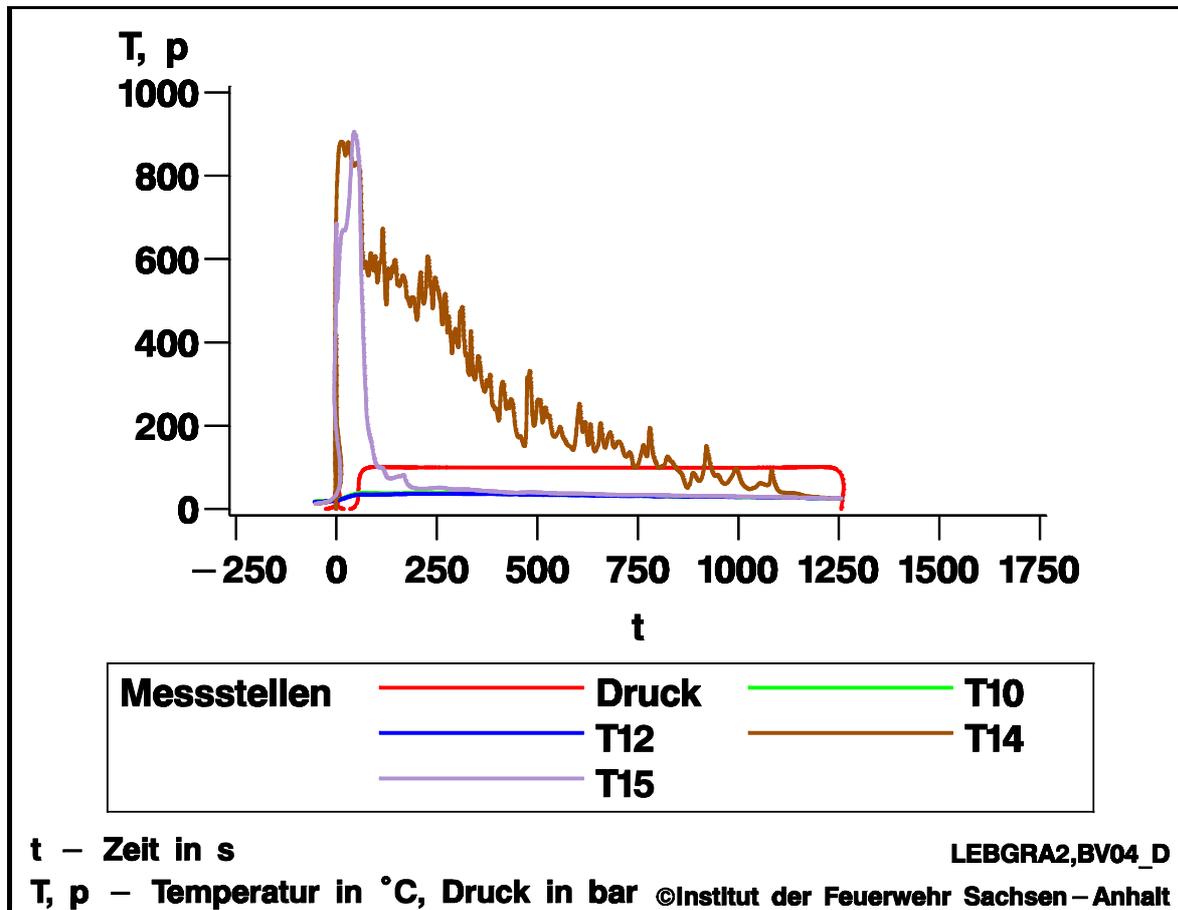


**Bild 3.3b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV03

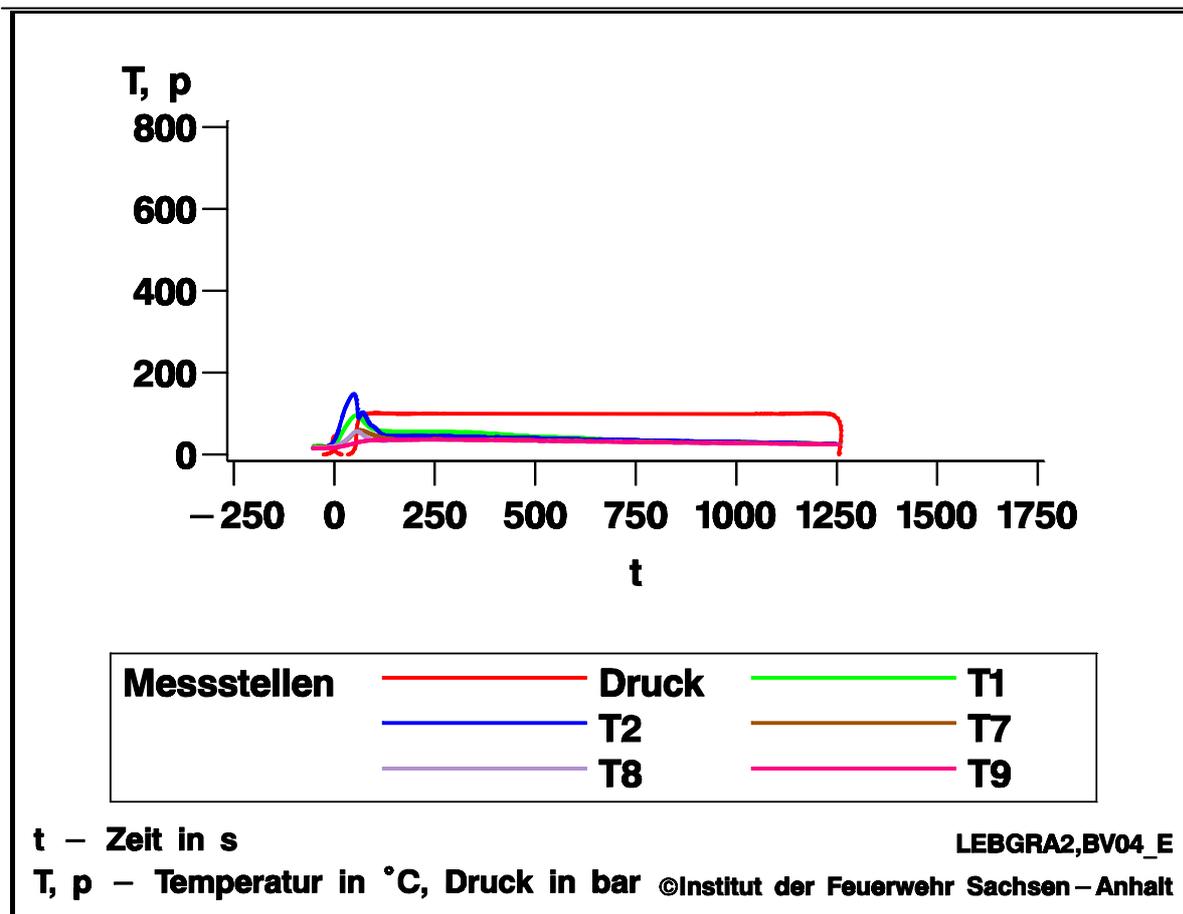
### 3.4 Brandversuch BV04

**Tabelle 3.4:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV04

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 1 (Bild A3.3)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	1175 s (19:35 min)



**Bild 3.4a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV04

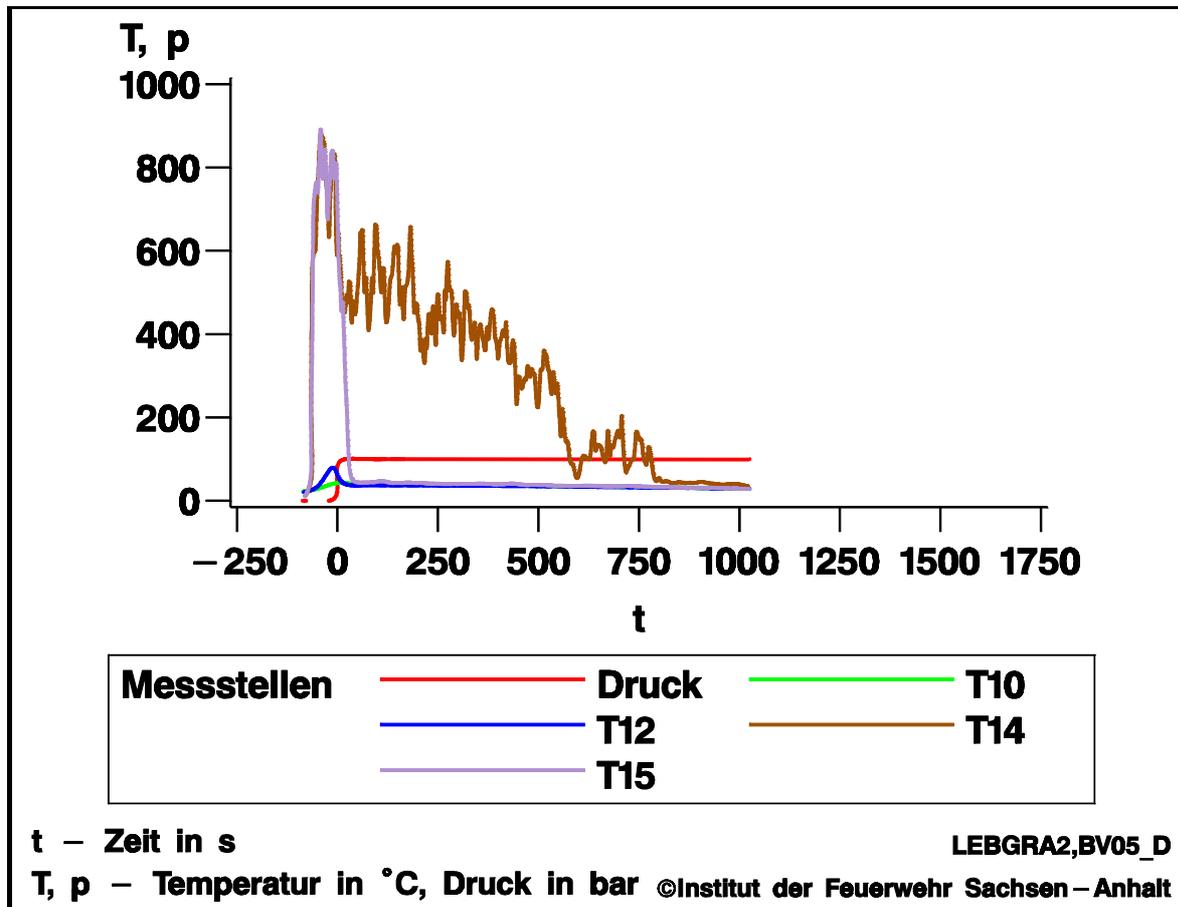


**Bild 3.4b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV04

### 3.5 Brandversuch BV05

**Tabelle 3.5:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV05

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 1 (Bild A3.3)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	1185 s (19:45 min)



**Bild 3.5a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV05

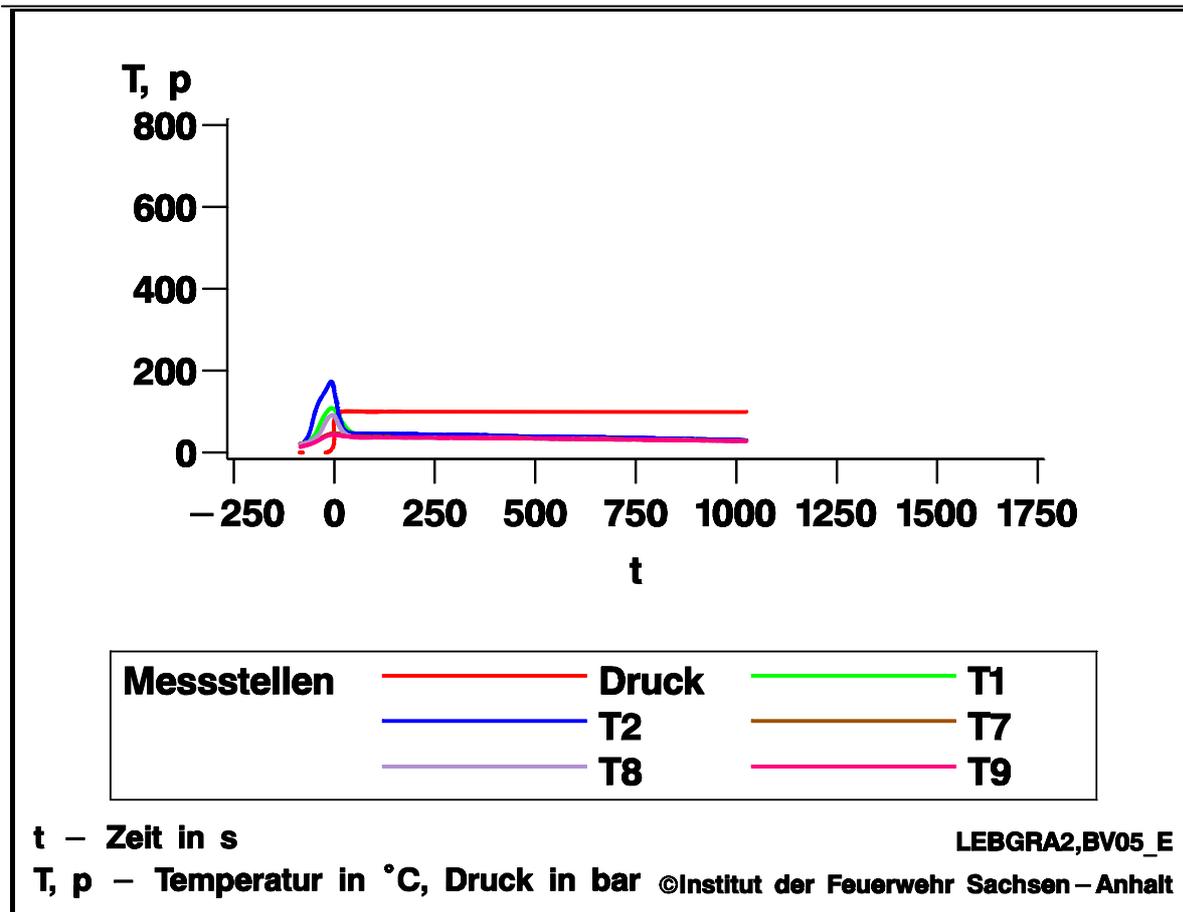
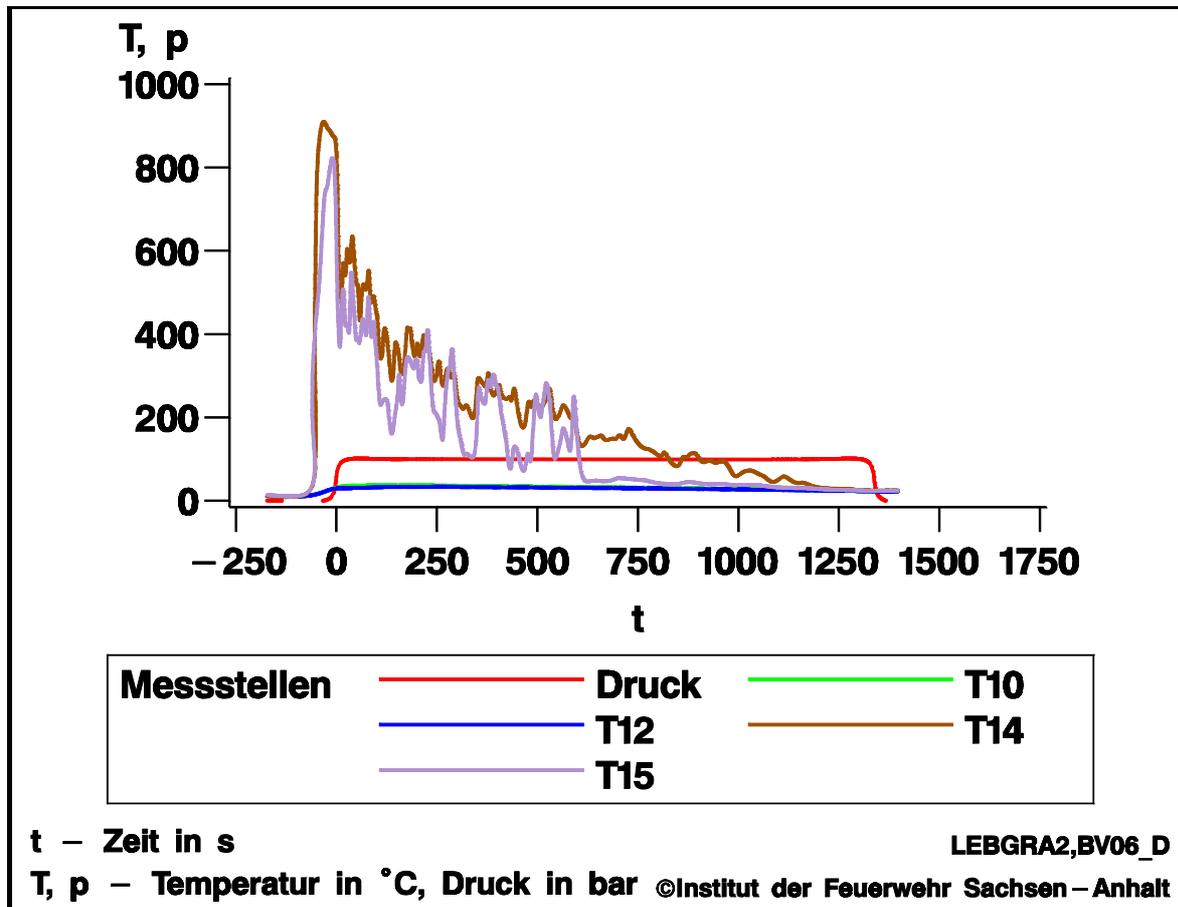


Bild 3.5b: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV05

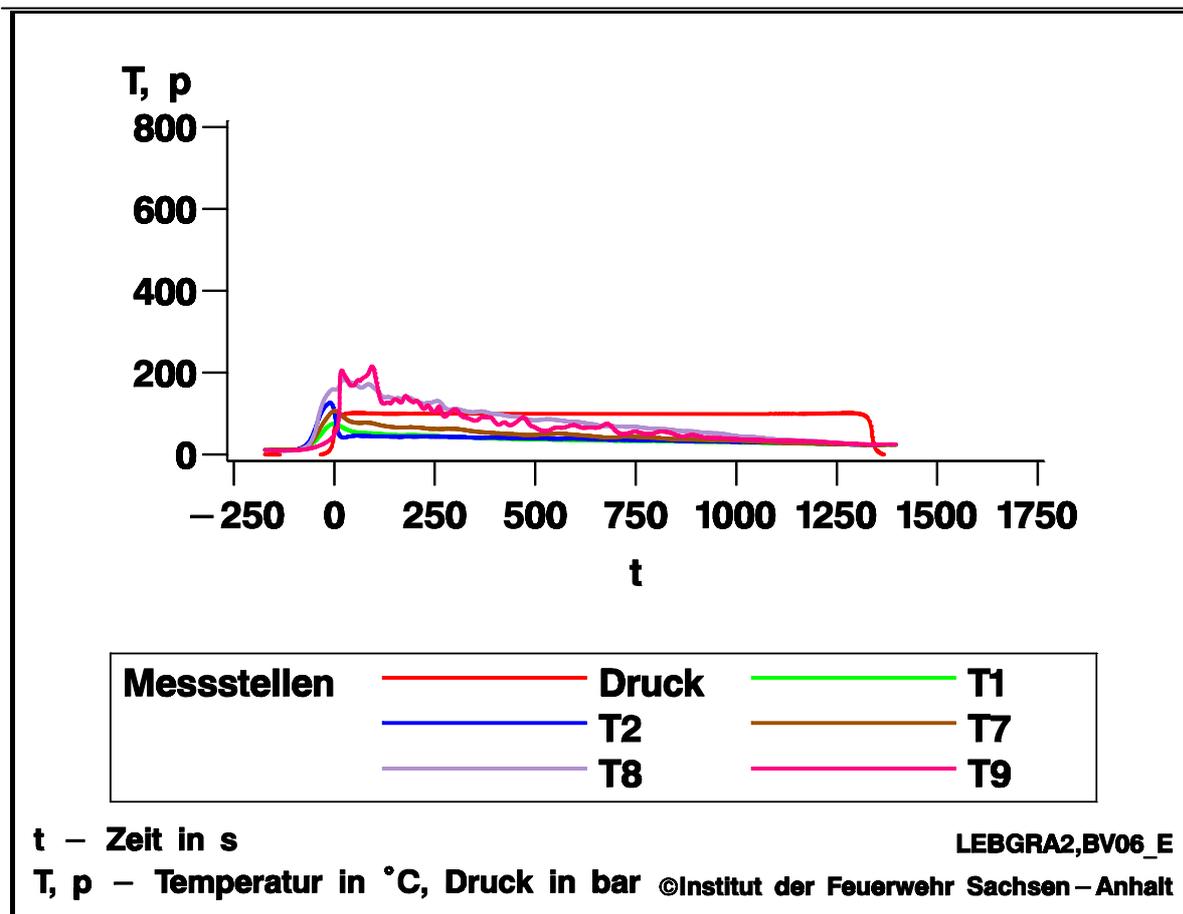
### 3.6 Brandversuch BV06

**Tabelle 3.6:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV06

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	1315 s (21:55 min)



**Bild 3.6a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV06

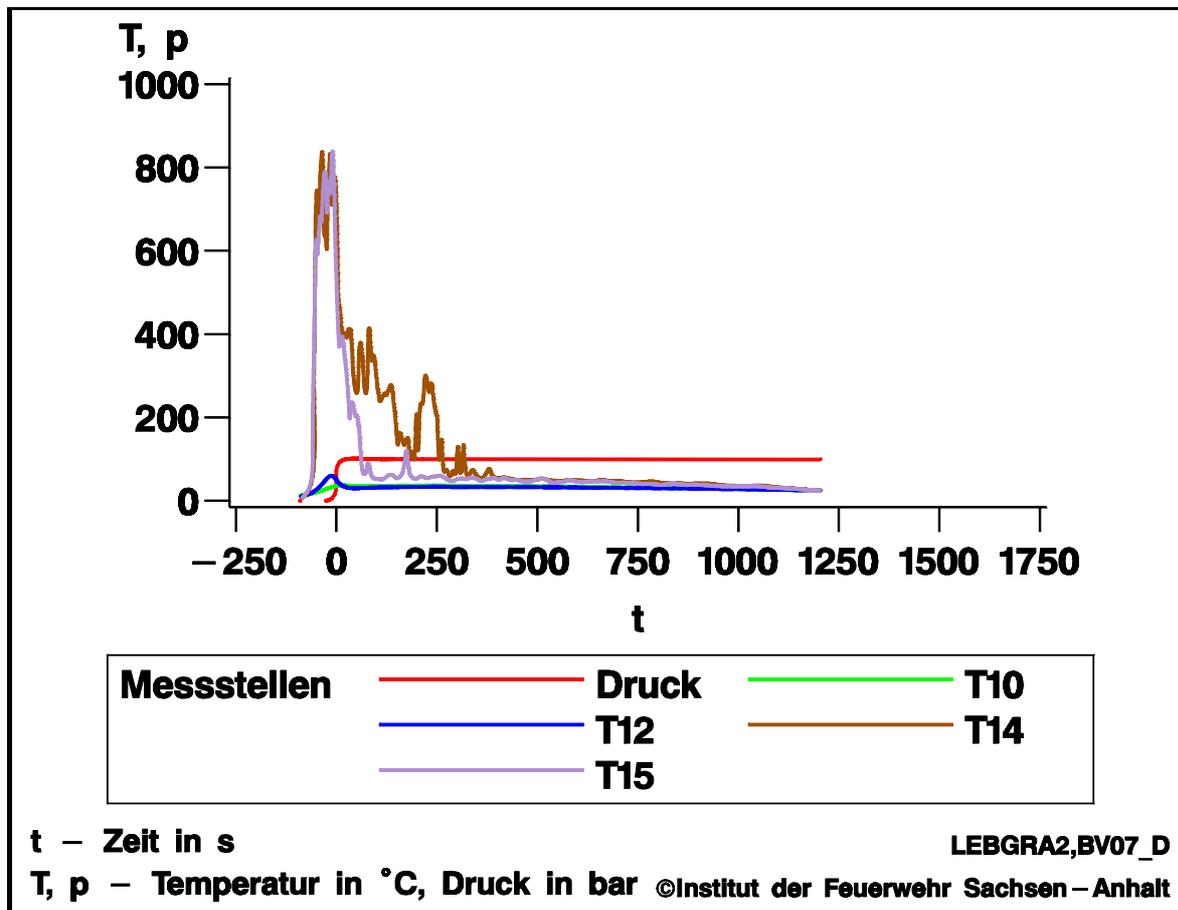


**Bild 3.6b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV06

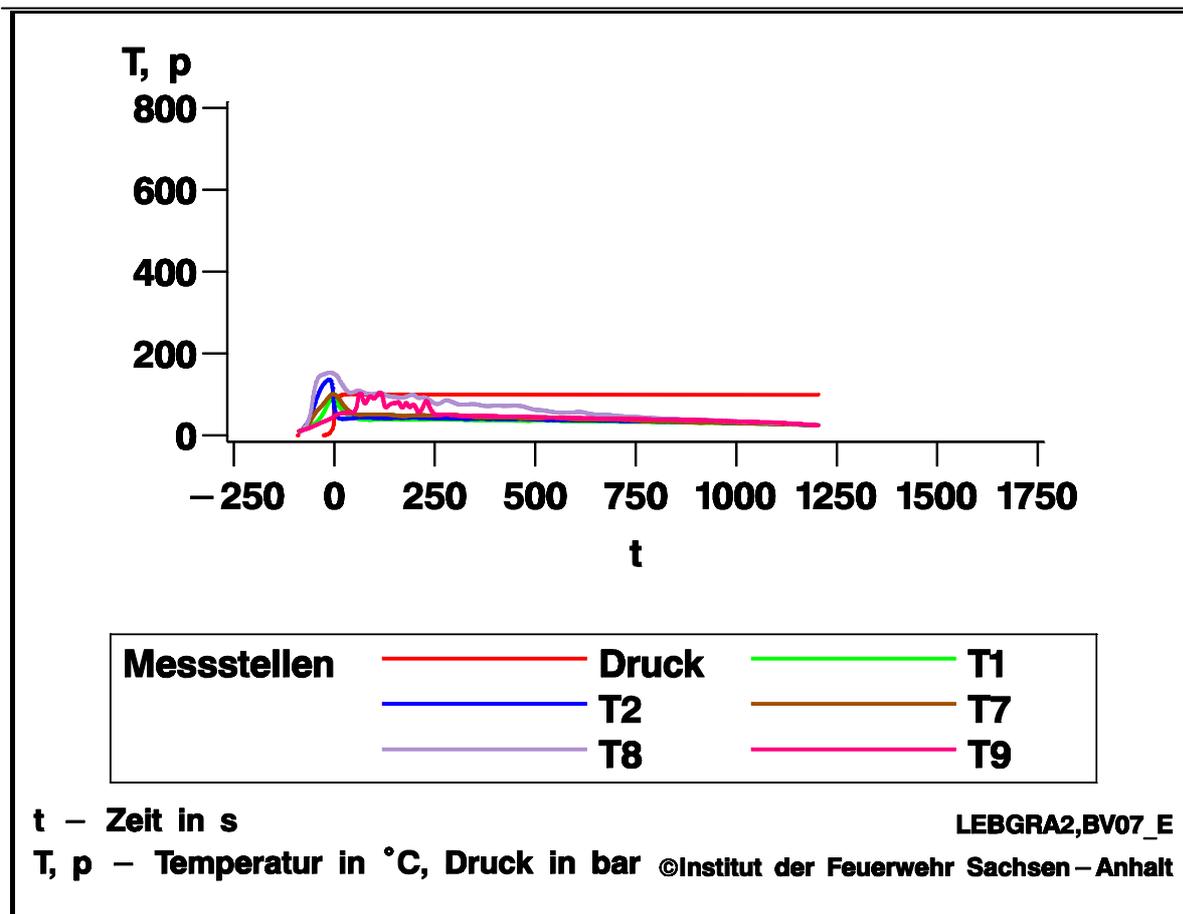
### 3.7 Brandversuch BV07

**Tabelle 3.7:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV07

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	1180 s (19:40 min)



**Bild 3.7a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV07

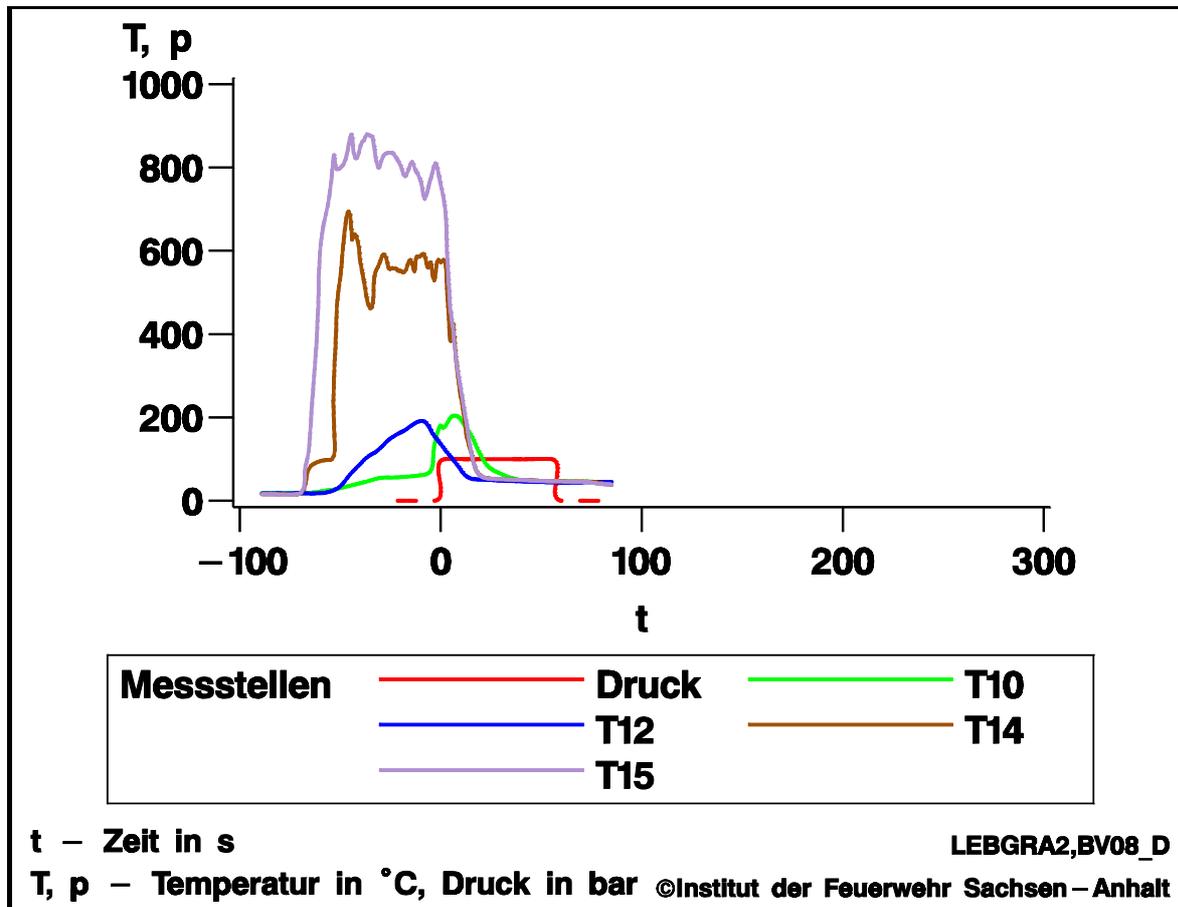


**Bild 3.7b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV07

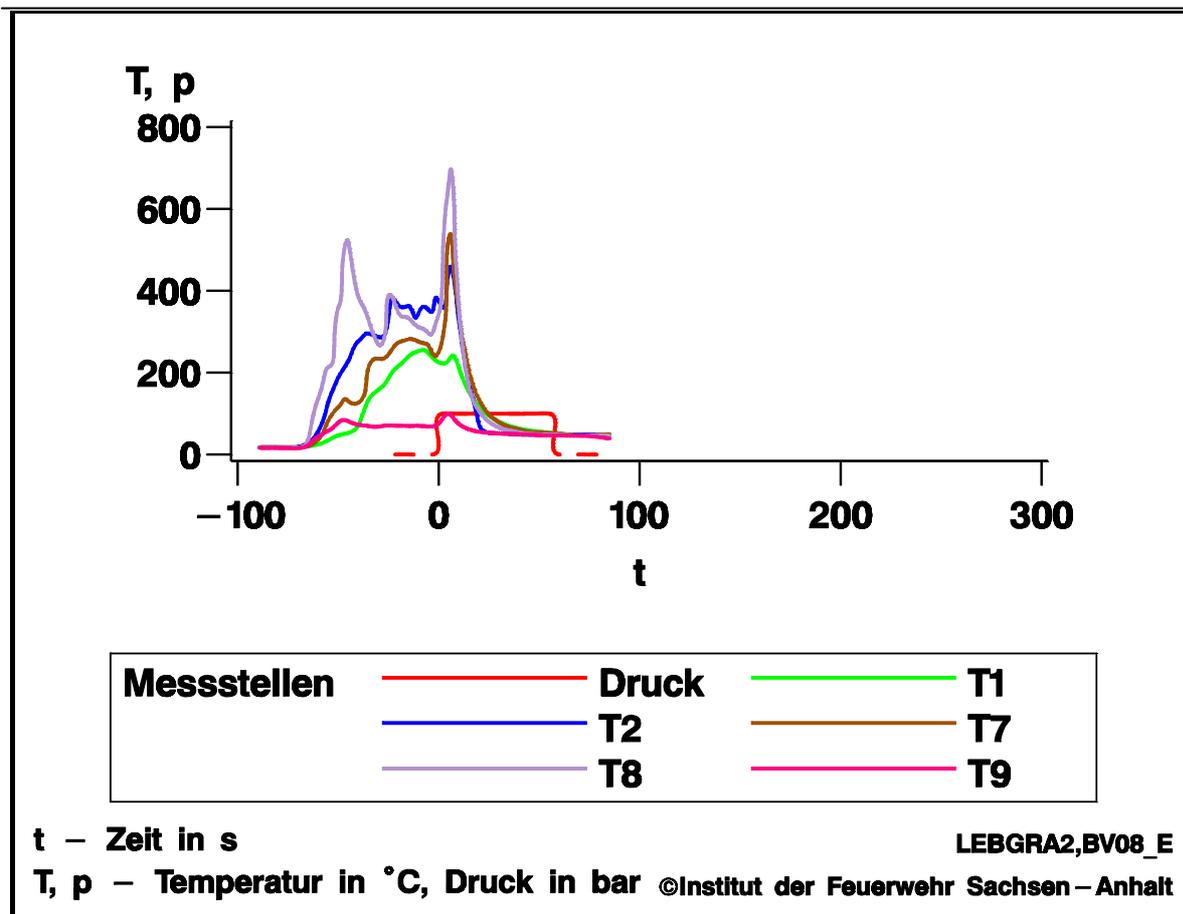
### 3.8 Brandversuch BV08

**Tabelle 3.8:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV08

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	15 s



**Bild 3.8a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV08

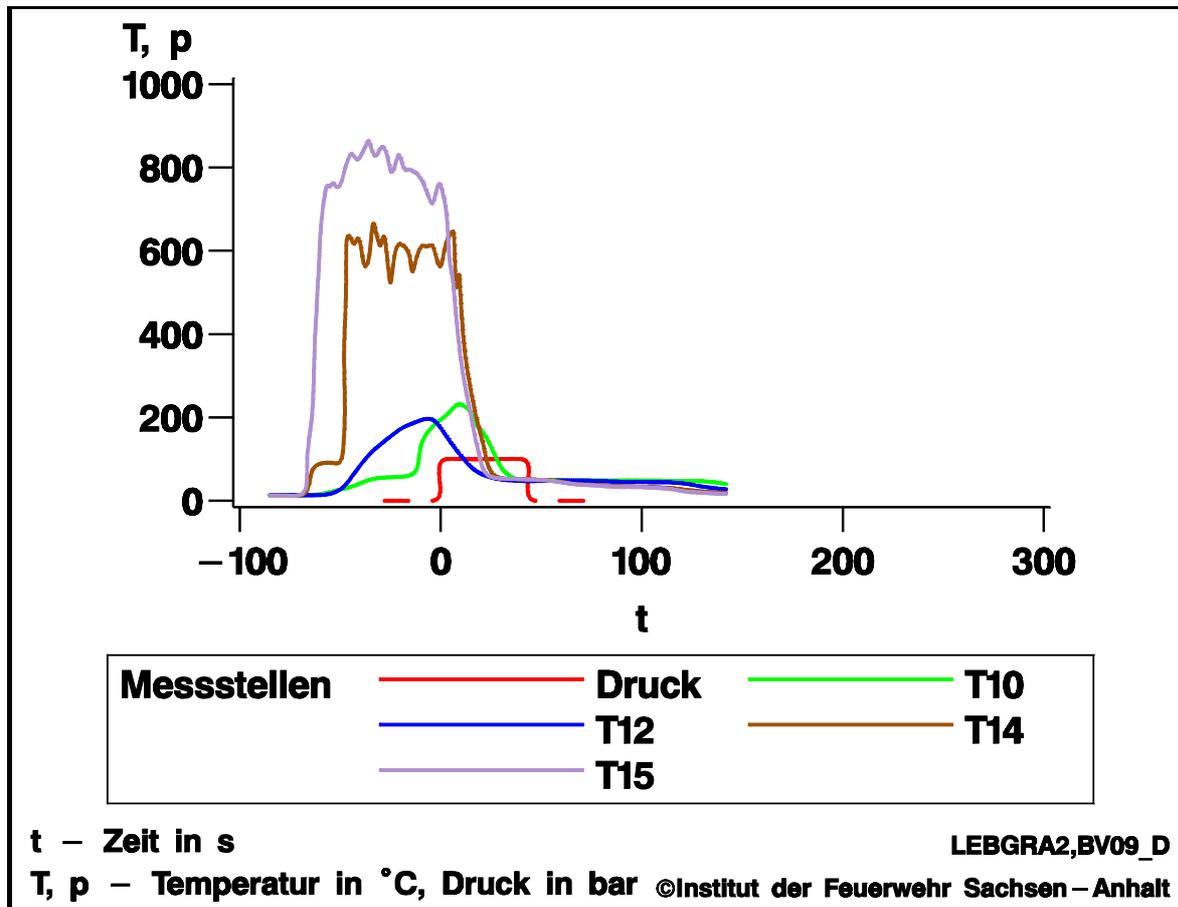


**Bild 3.8b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV08

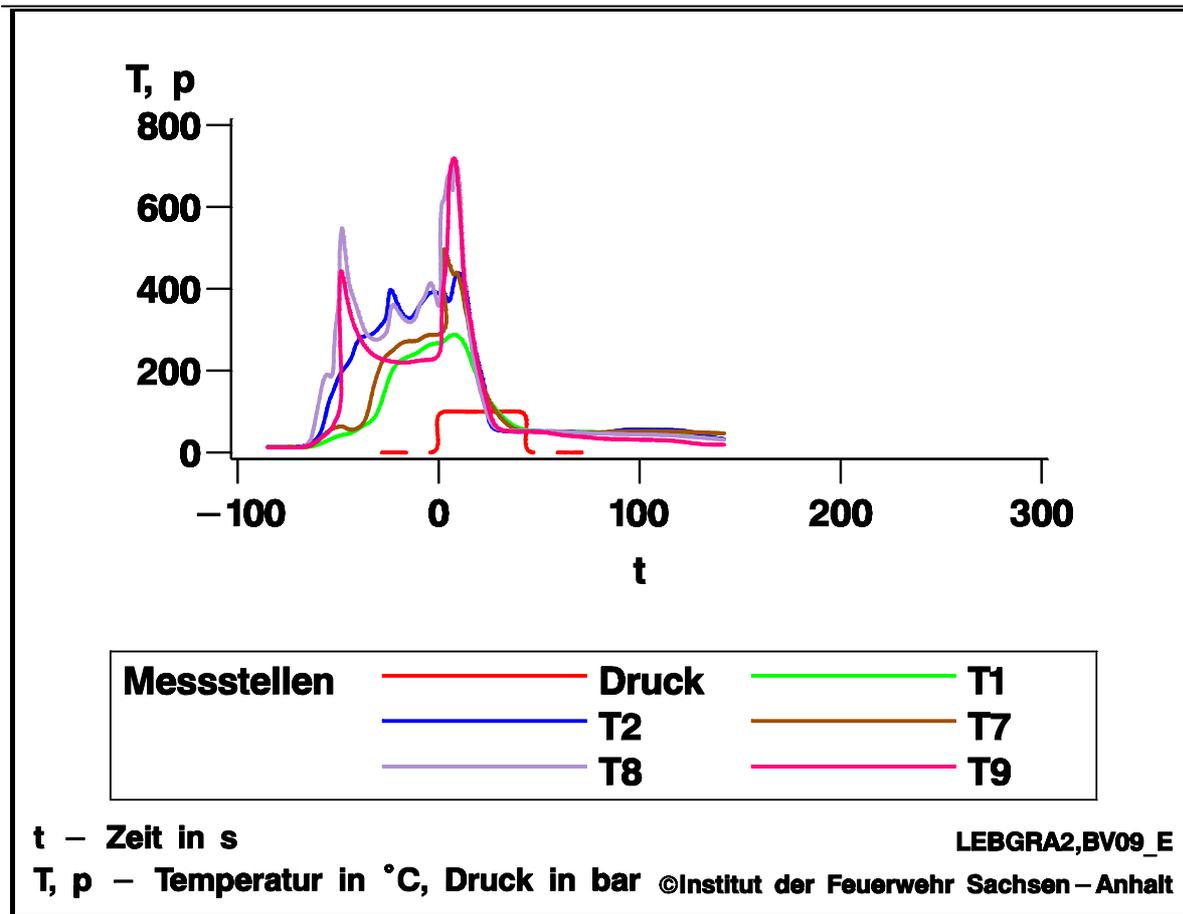
### 3.9 Brandversuch BV09

**Tabelle 3.9:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV09

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	15 s



**Bild 3.9a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV09

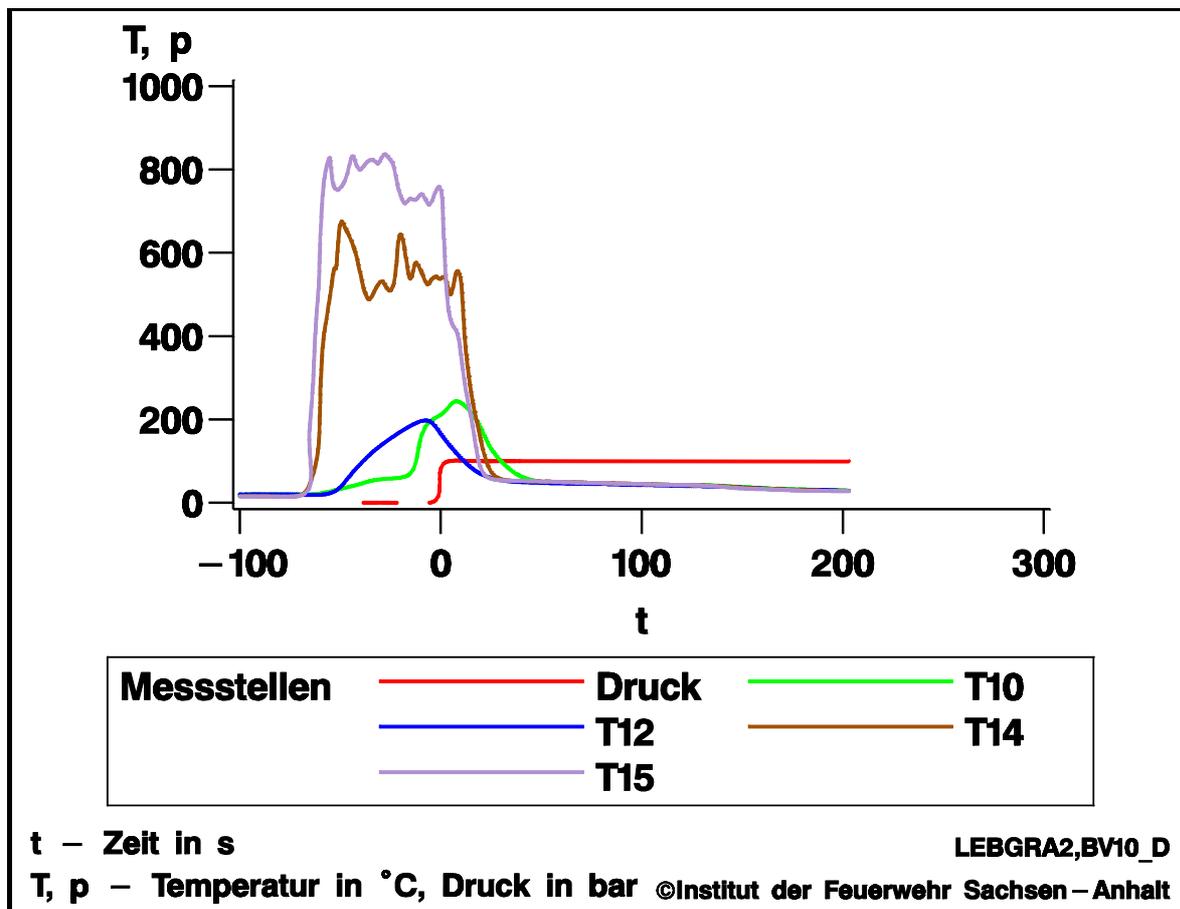


**Bild 3.9b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV09

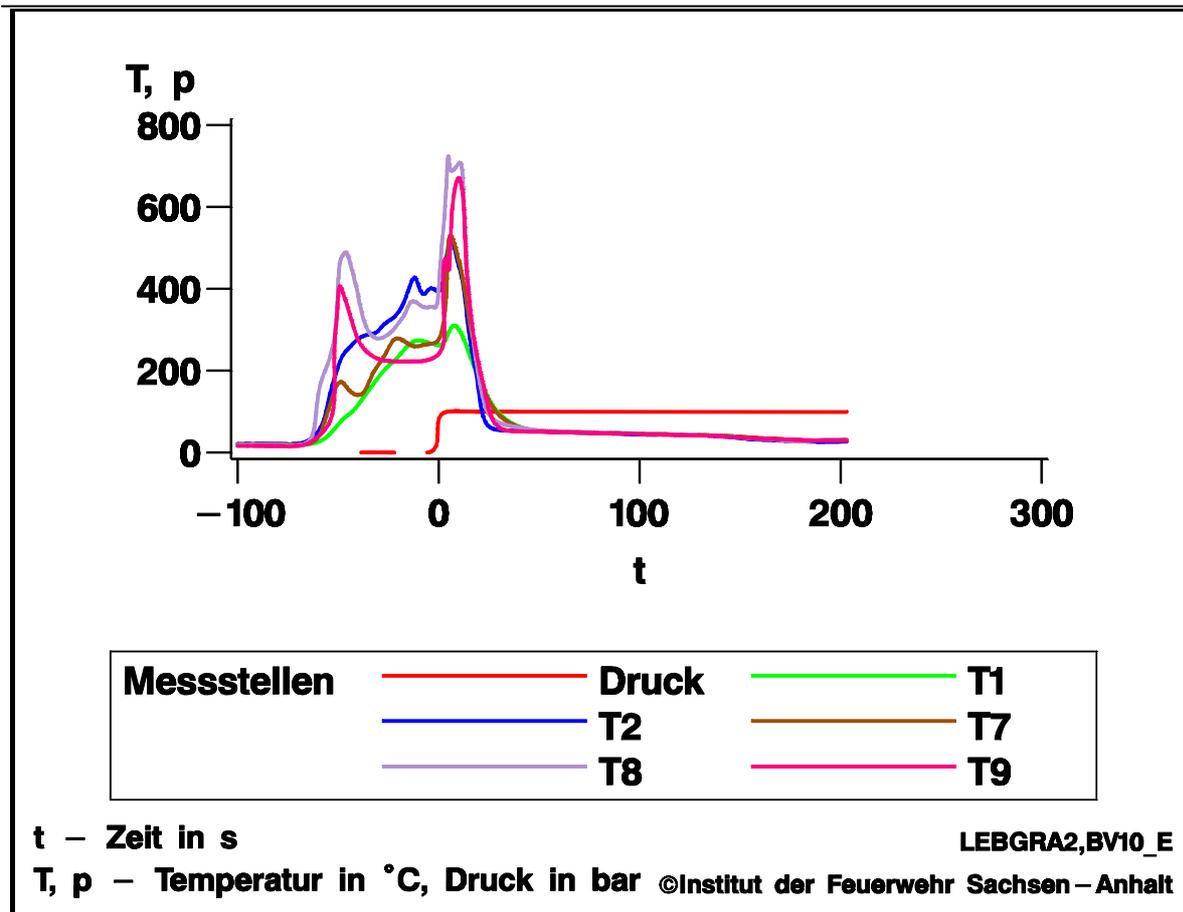
### 3.10 Brandversuch BV10

**Tabelle 3.10:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV10

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	15 s



**Bild 3.10a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV10

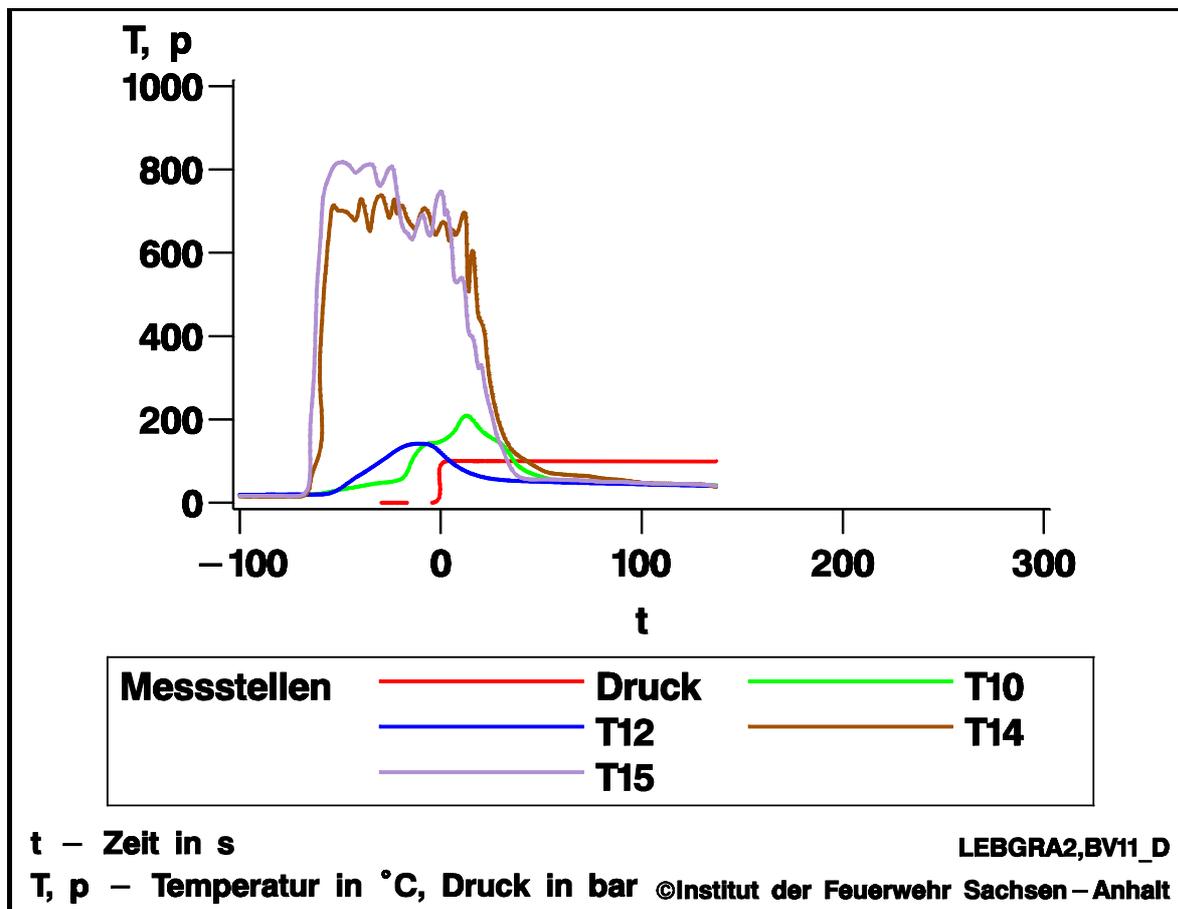


**Bild 3.10b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV10

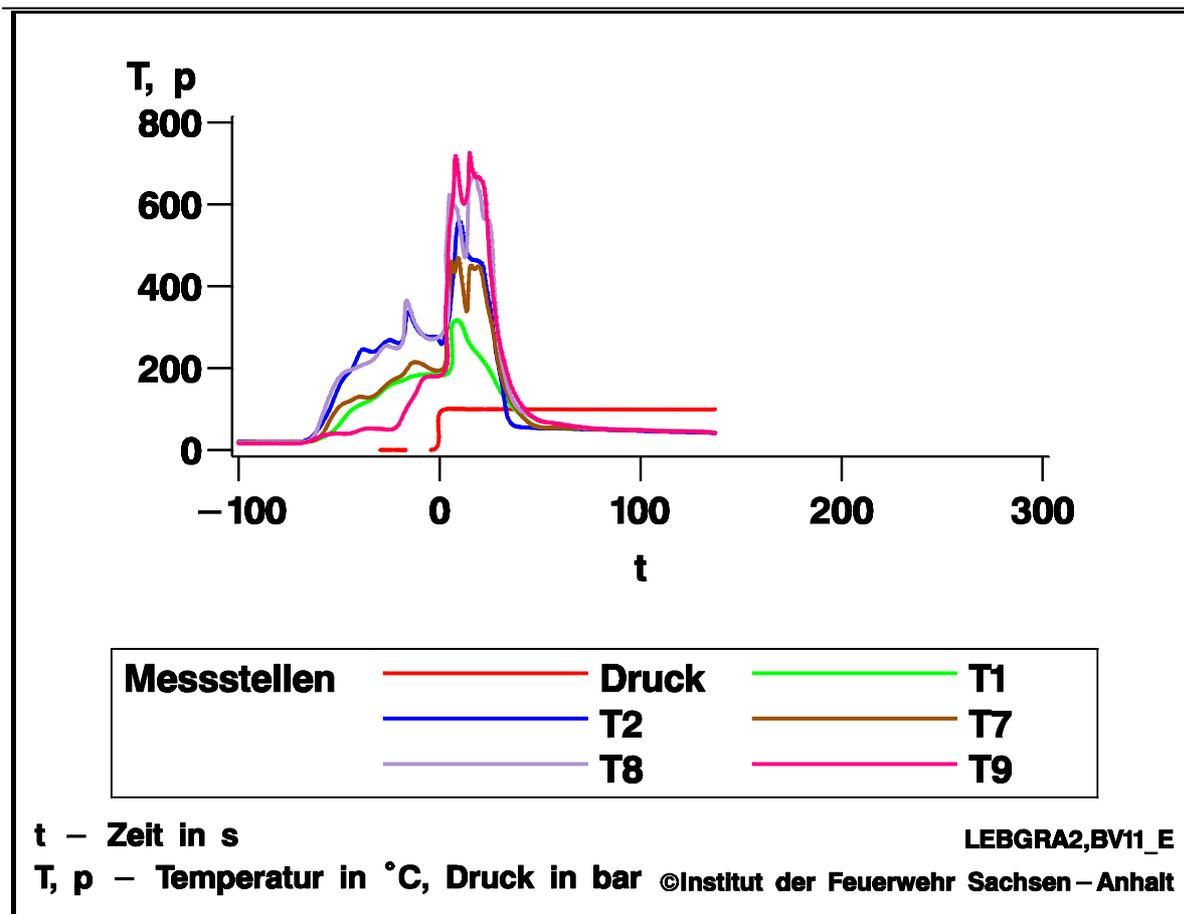
### 3.11 Brandversuch BV11

**Tabelle 3.11:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV11

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	22 s



**Bild 3.11a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV11

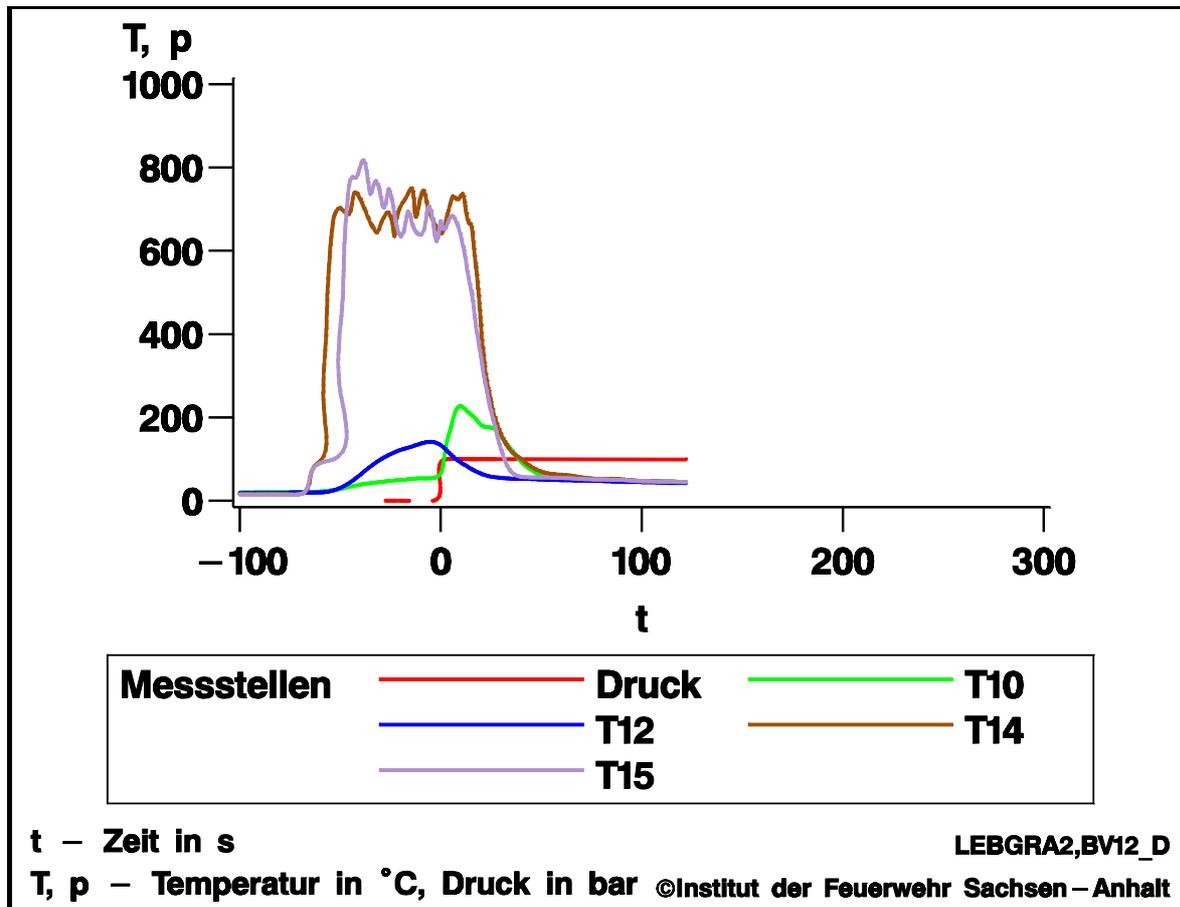


**Bild 3.11b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV11

### 3.12 Brandversuch BV12

**Tabelle 3.12:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV12

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	20 s



**Bild 3.12a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV12

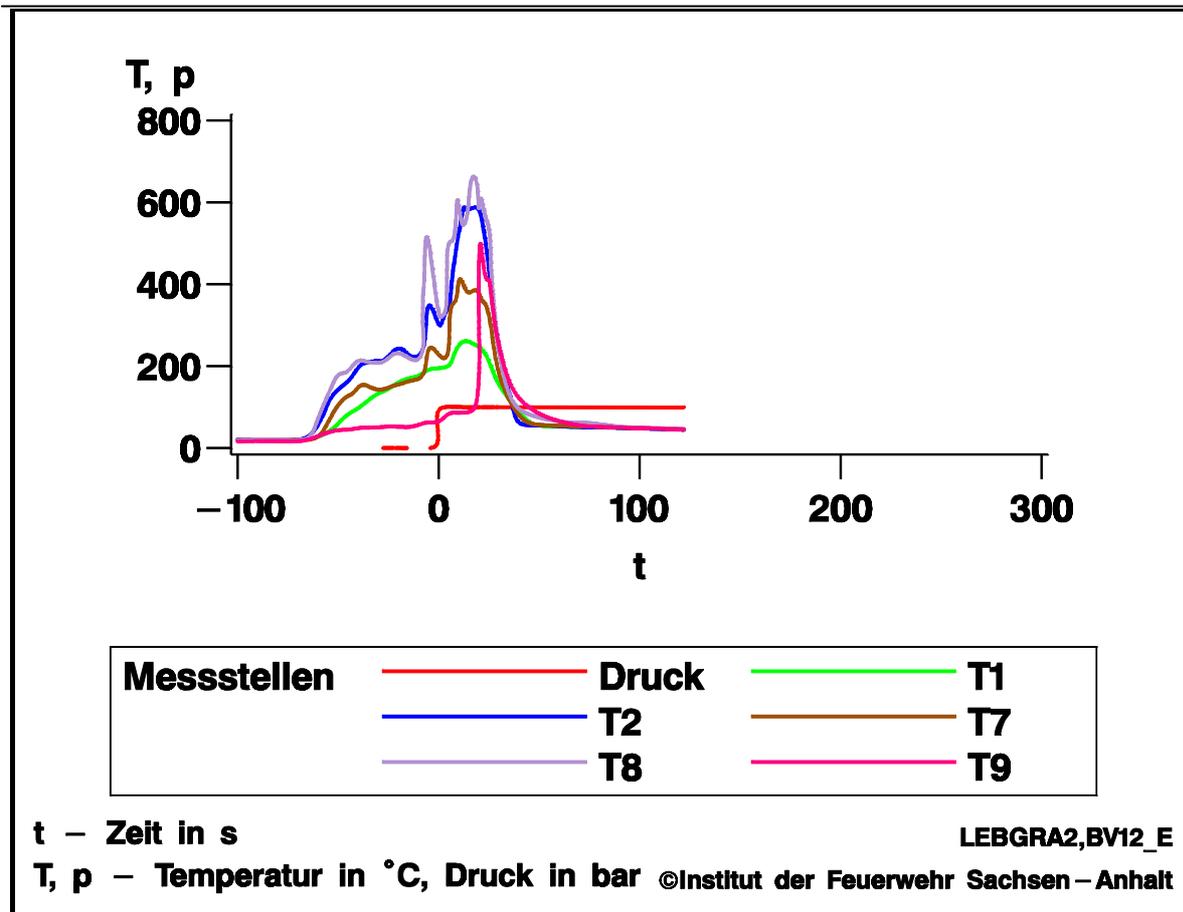
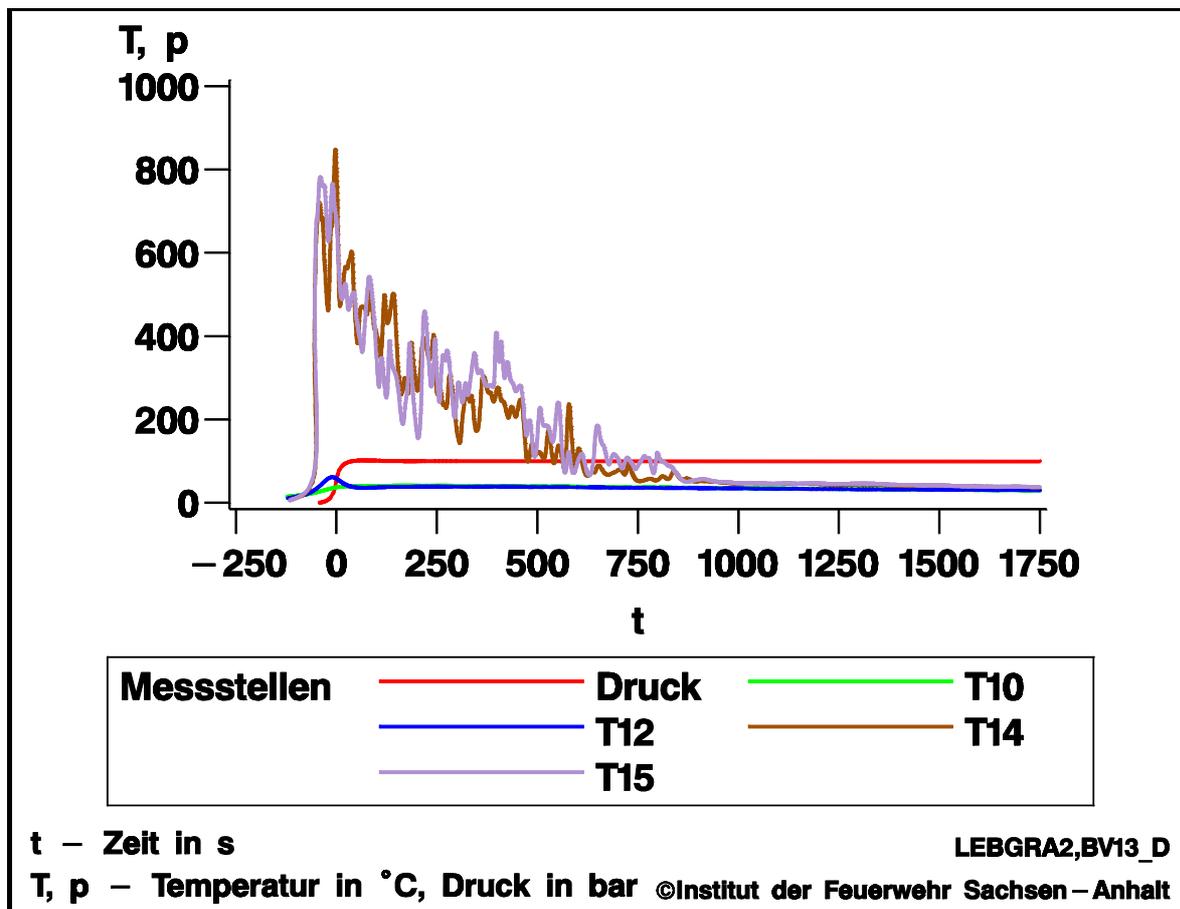


Bild 3.12b: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV12

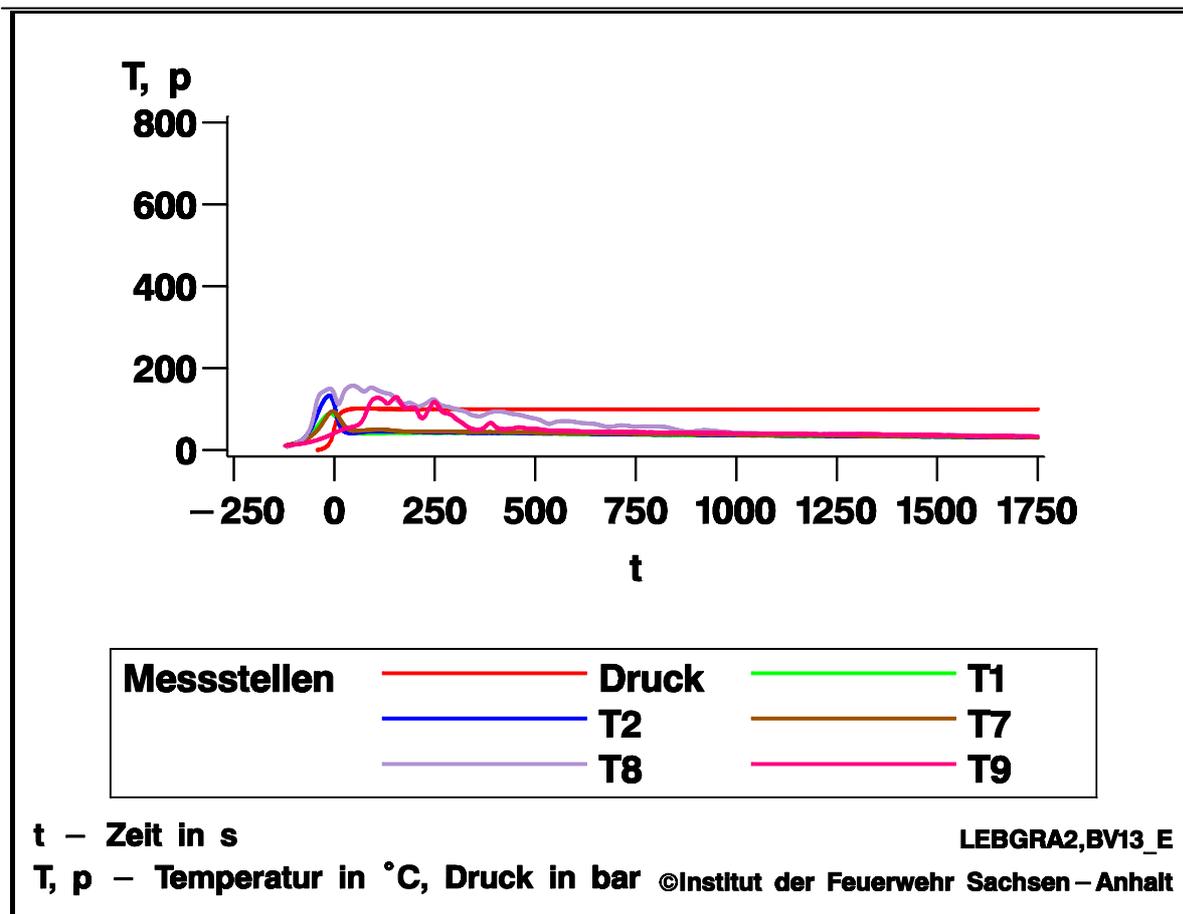
### 3.13 Brandversuch BV13

**Tabelle 3.13:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV13

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	2010 s (33:30 min)



**Bild 3.13a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV13



**Bild 3.13b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV13

### 3.14 Brandversuch BV14

Tabelle 3.14: Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV14

<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff:	20 / Brennspritus
	Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
	Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
	Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
	Feuer aus:	2450 s (40:50 min)

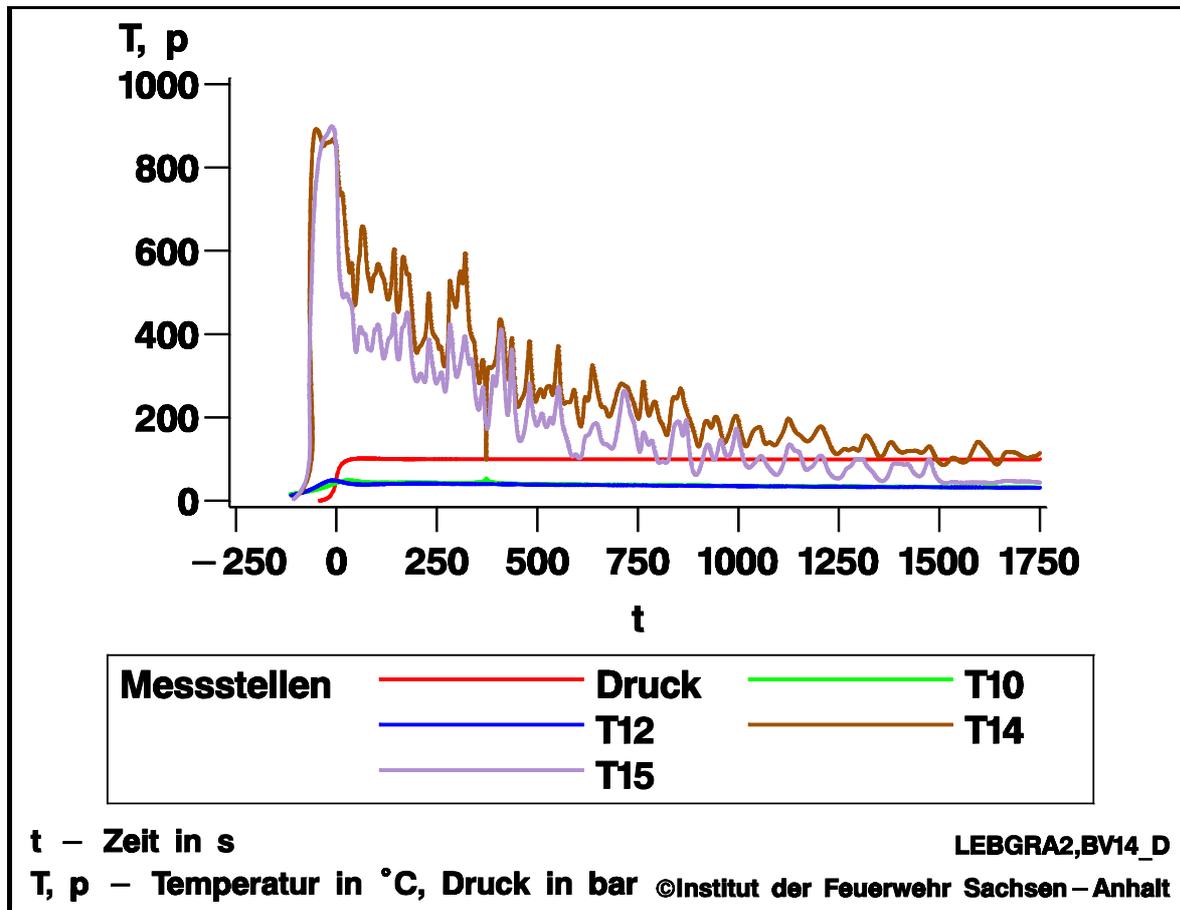
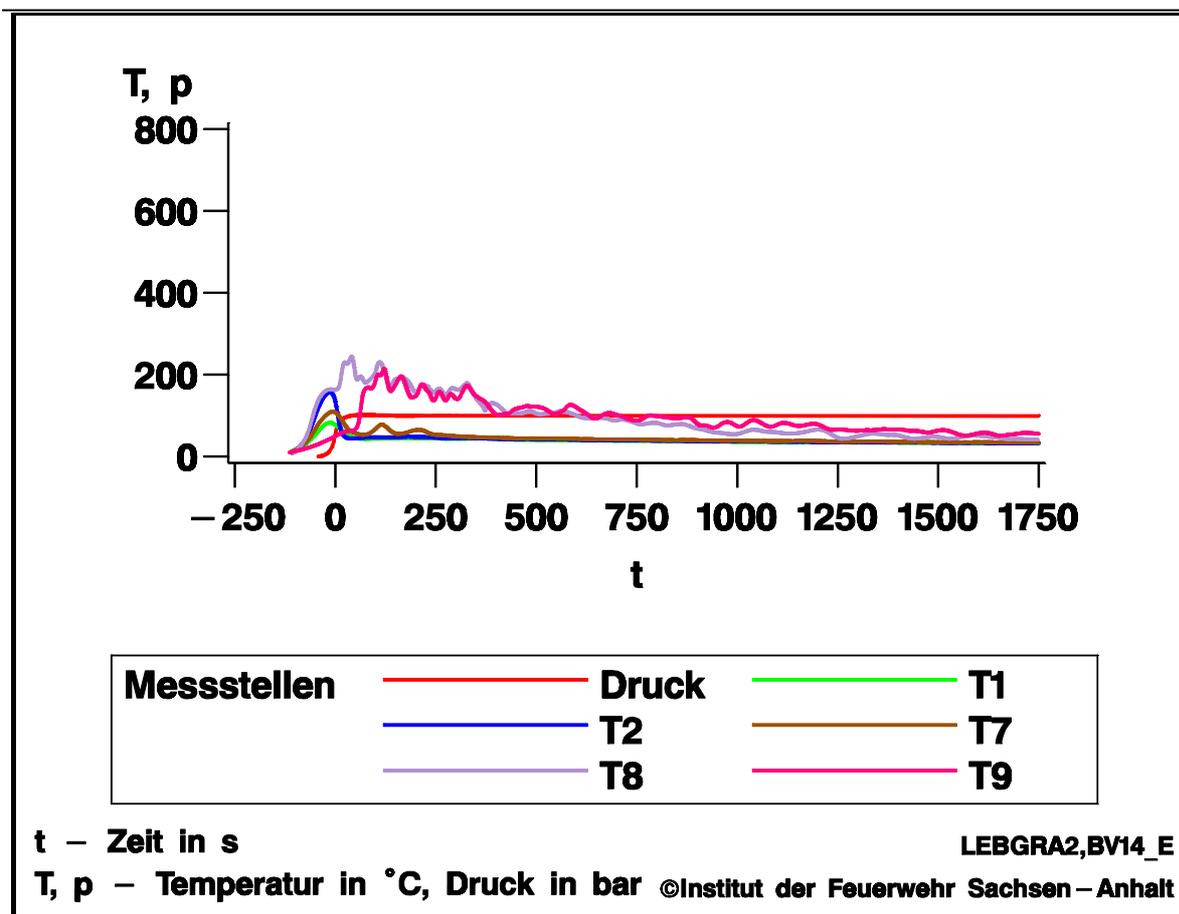


Bild 3.14a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV14

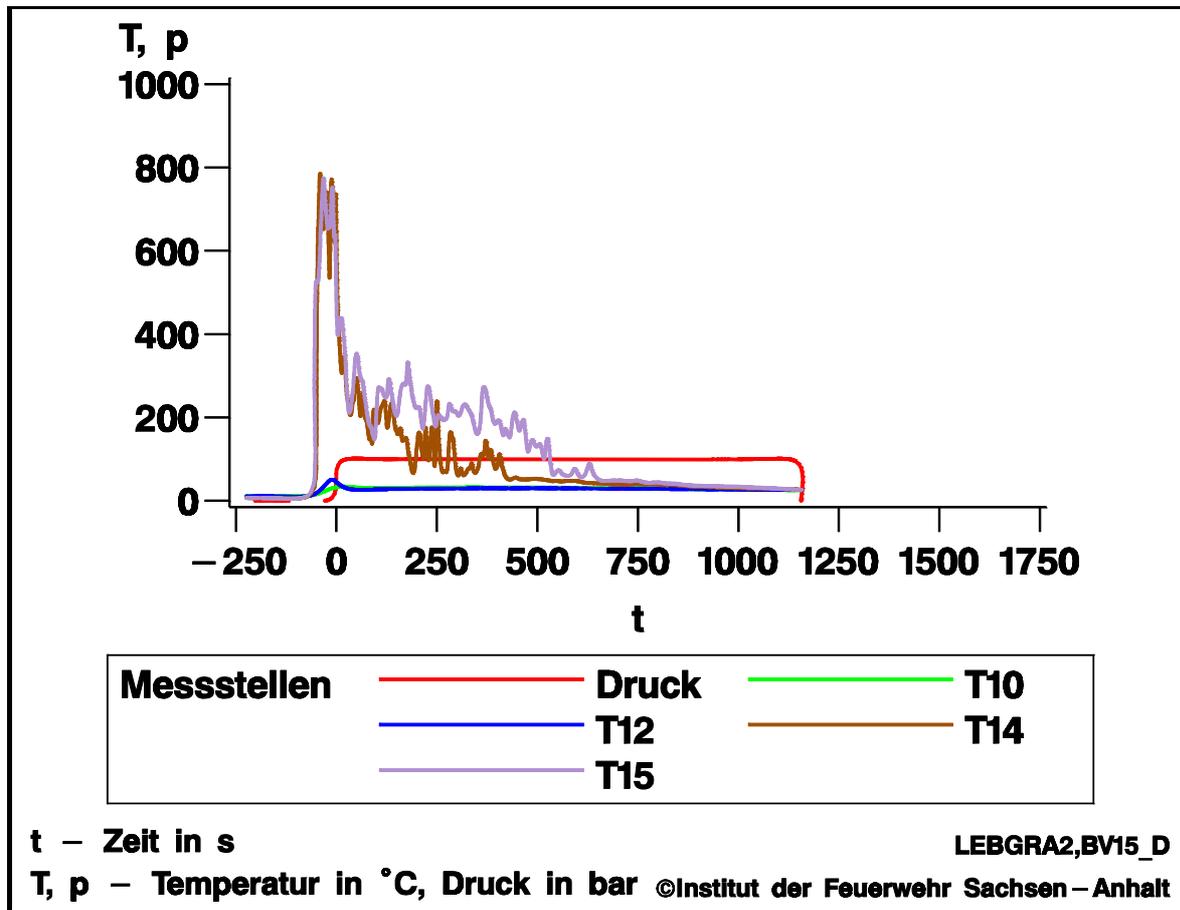


**Bild 3.14b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV14

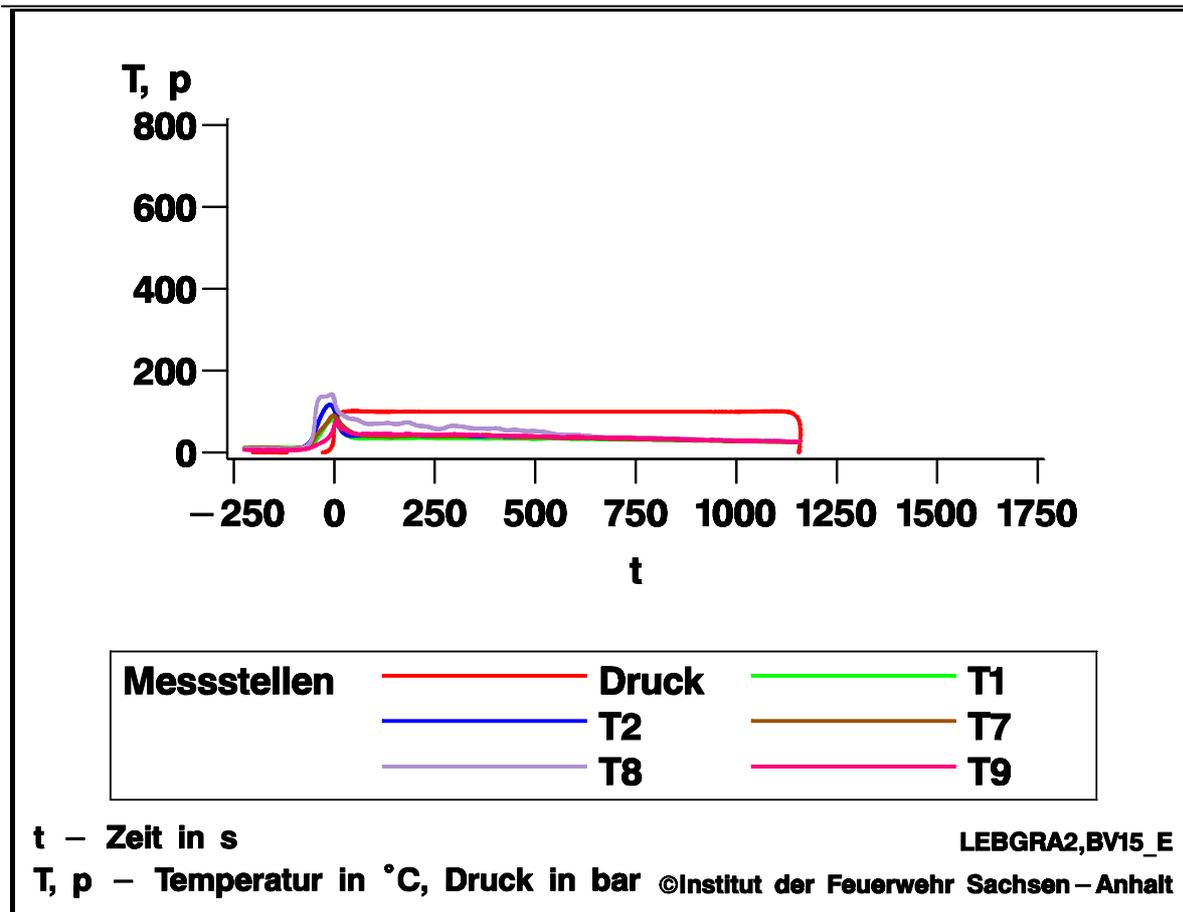
### 3.15 Brandversuch BV15

**Tabelle 3.15:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV15

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
Feuer aus:	1130 s (18:50 min)



**Bild 3.15a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV15



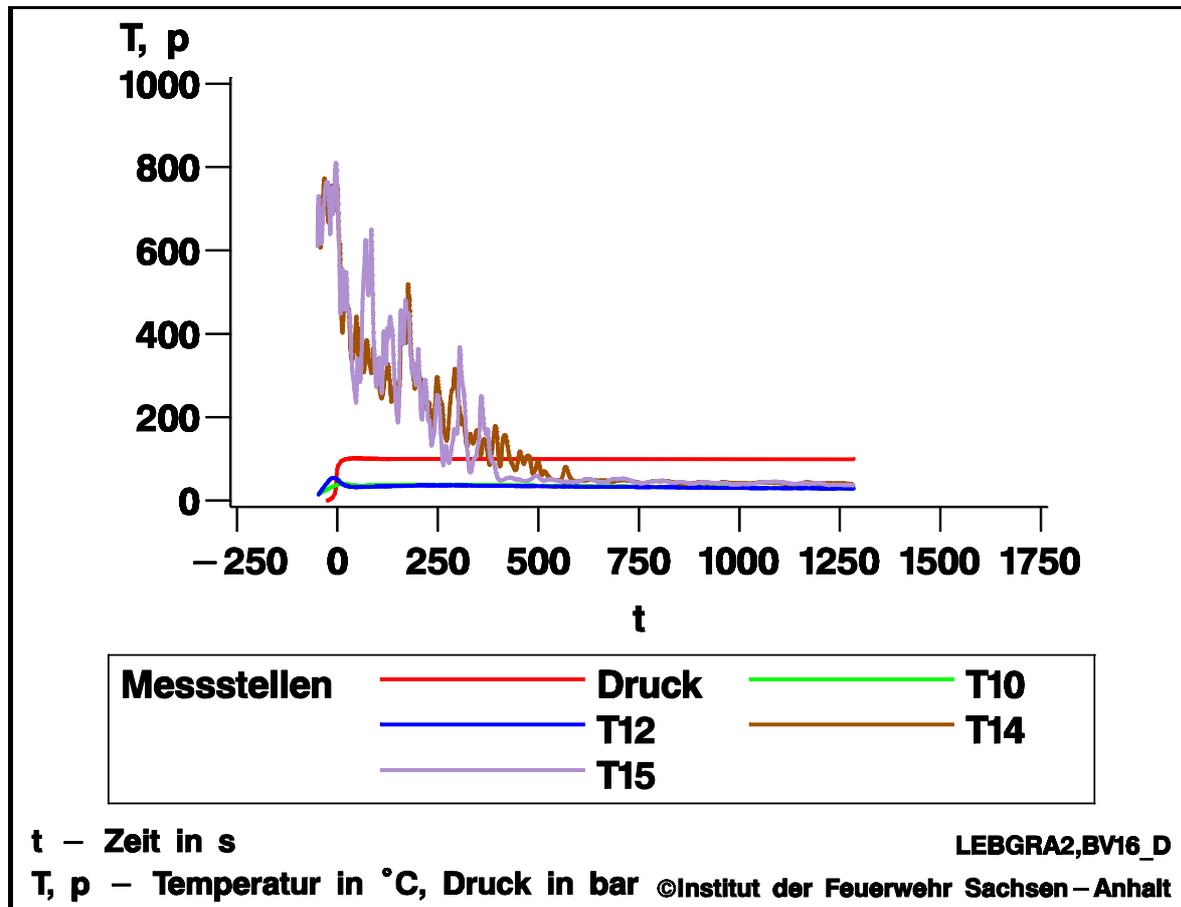
**Bild 3.15b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV15

Bei diesem Versuch wurden dem Löschwasser 3% AFFF-Schaumbildner zugegeben. Zielstellung des zusätzlich in das Programm aufgenommenen Versuches war die Untersuchung, ob das bei den Brennspritusversuchen sehr lange brennende Feuer durch die Schaumbildnerzugabe wesentlich früher gelöscht werden kann. Das konnte durch den Versuch bei dem verwendeten Versuchsaufbau nicht bestätigt werden.

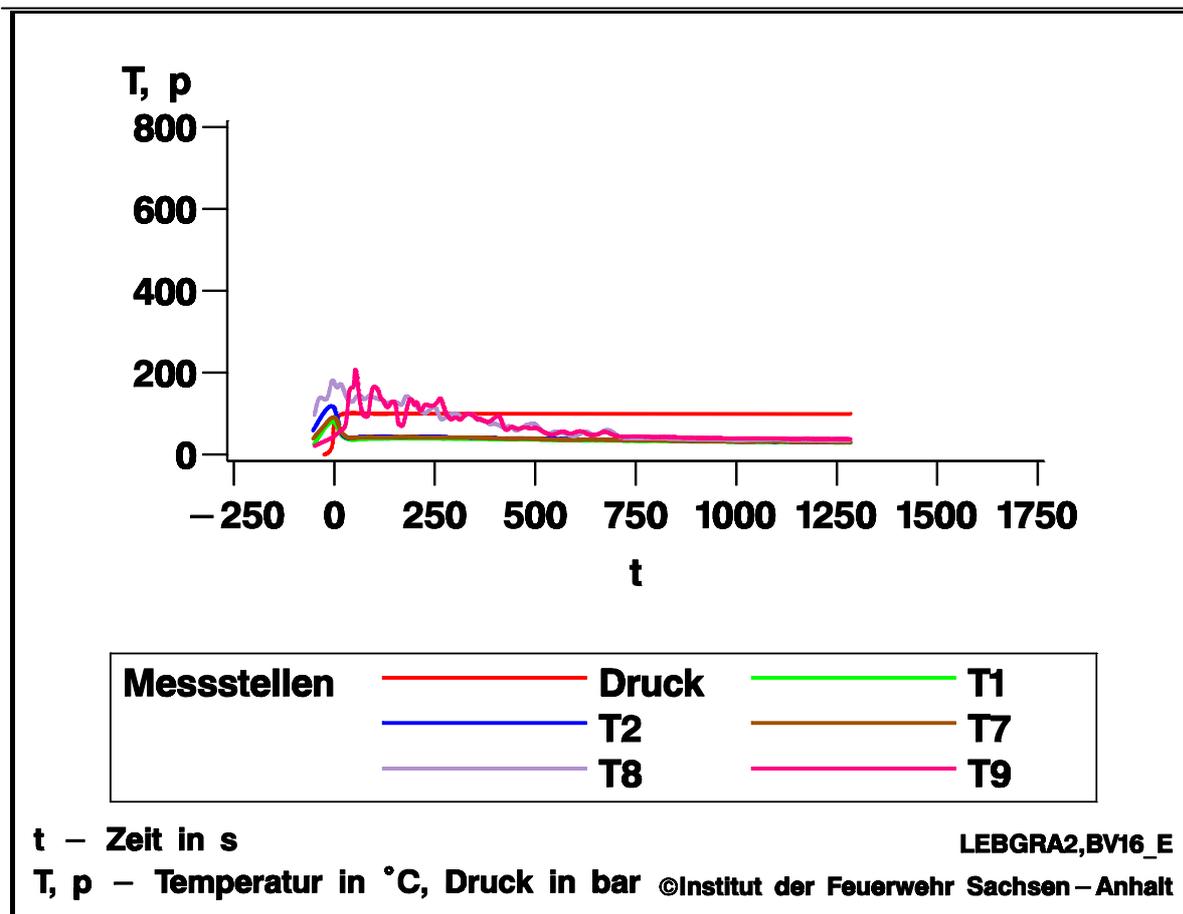
### 3.16 Brandversuch BV16

**Tabelle 3.16:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV16

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, nicht verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	1660 s (27:40 min)



**Bild 3.16a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV16

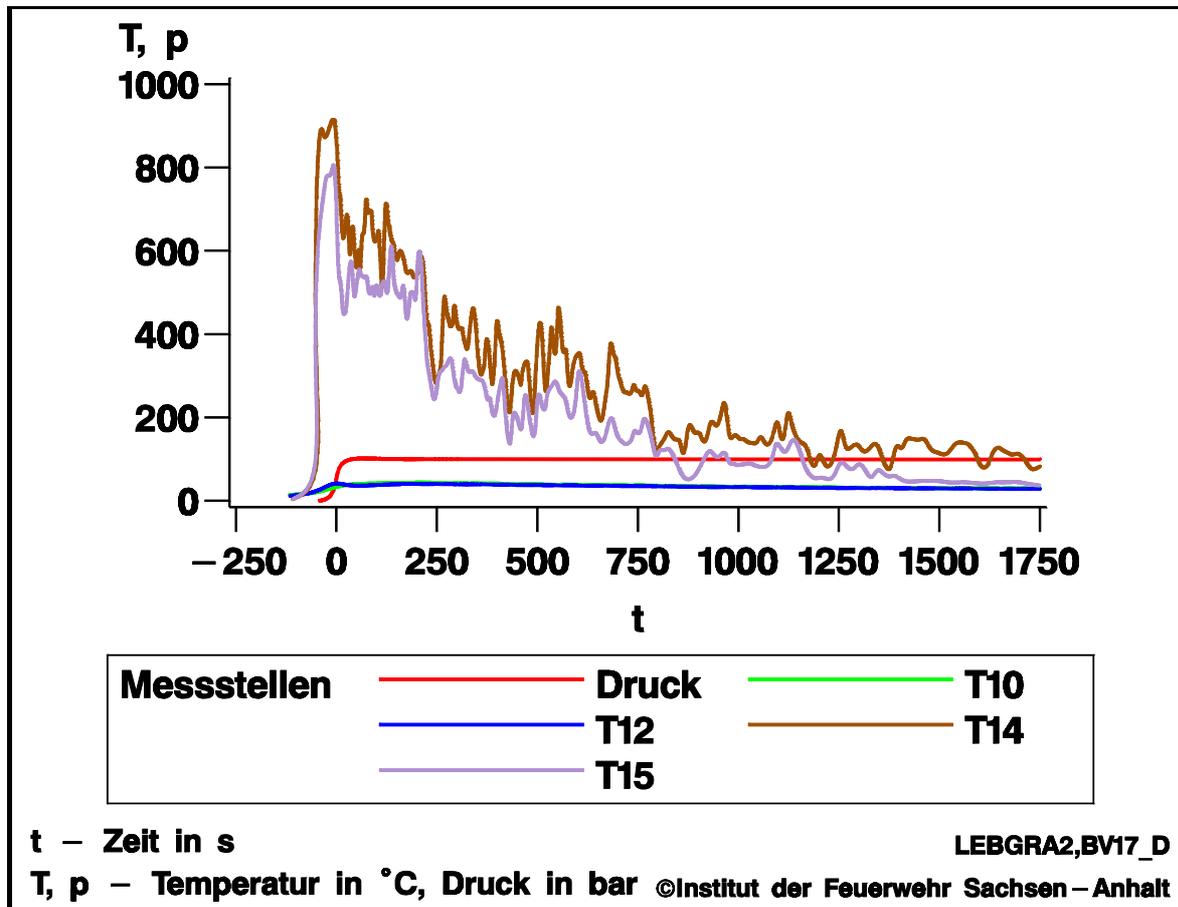


**Bild 3.16b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV16

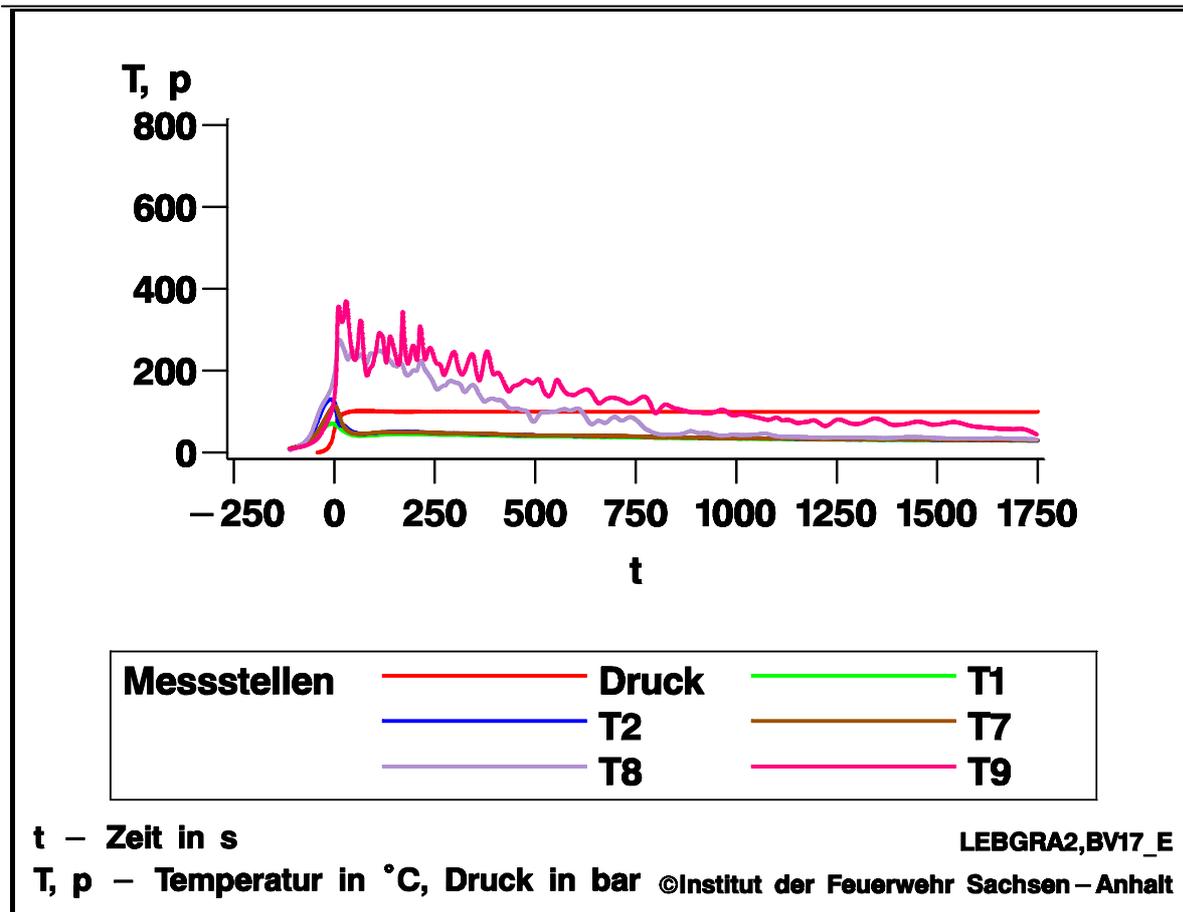
### 3.17 Brandversuch BV17

**Tabelle 3.17:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV17

Brennstoff:	20 / Brennspritus
Brandobjekt:	Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	2245 s (37:25 min)



**Bild 3.17a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV17

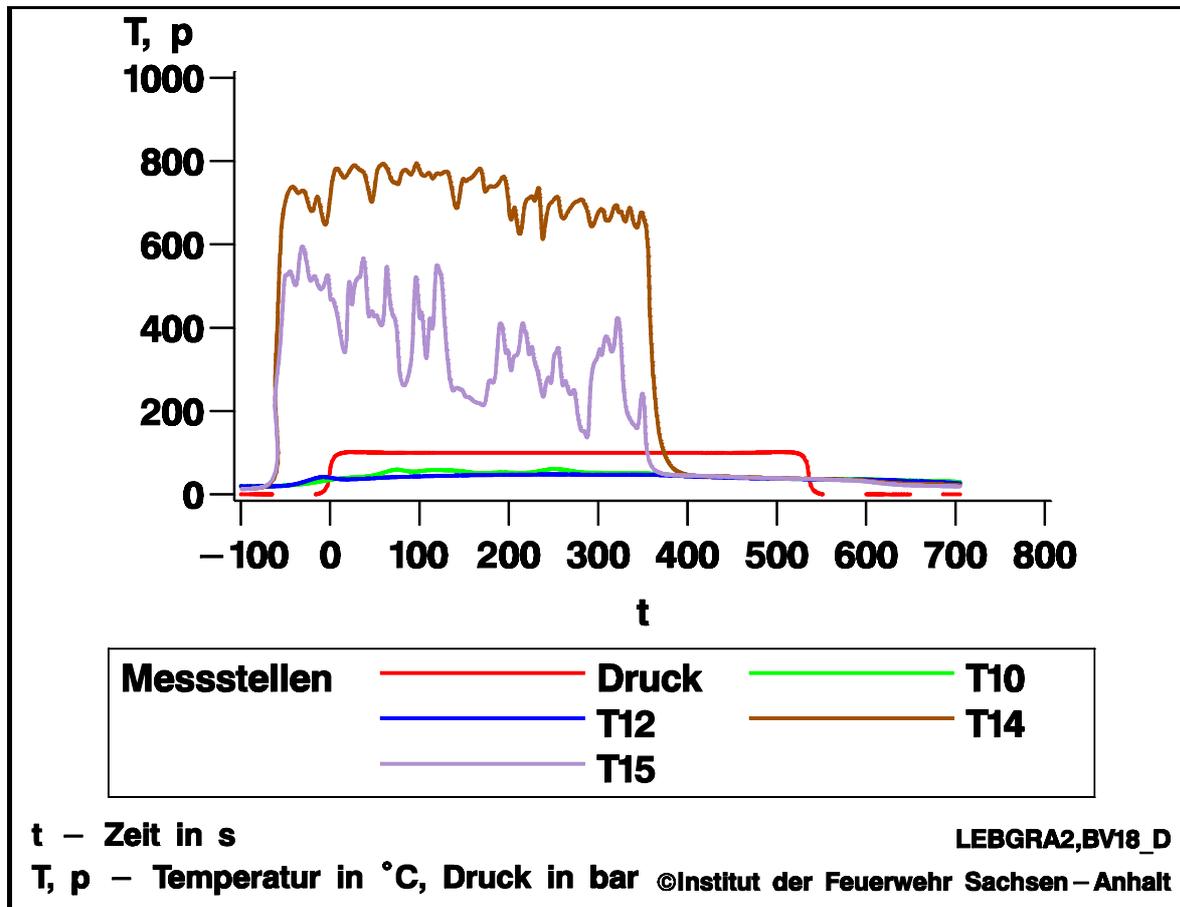


**Bild 3.17b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV17

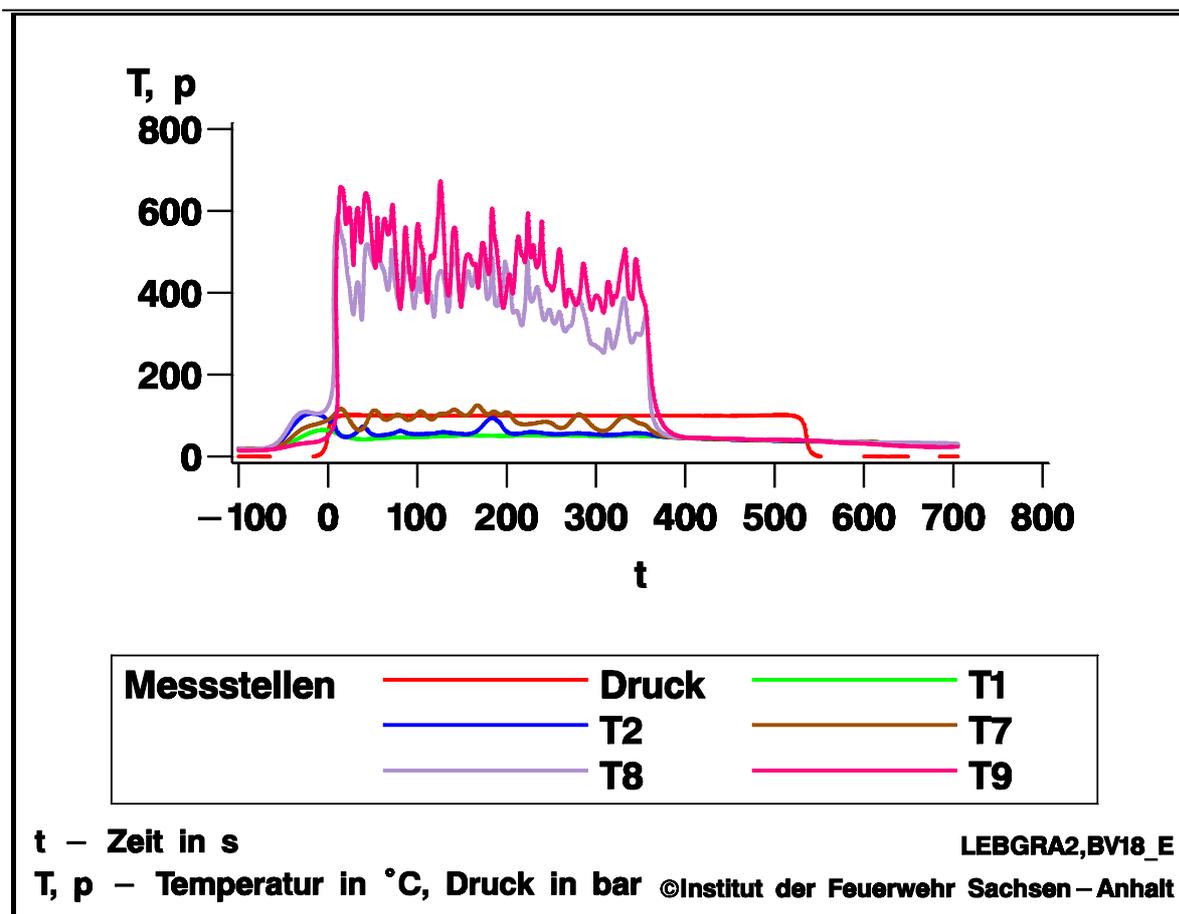
### 3.18 Brandversuch BV18

**Tabelle 3.18:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV18

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 13 B, vollständig verd.
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	360 s (6:00 min)



**Bild 3.18a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV18

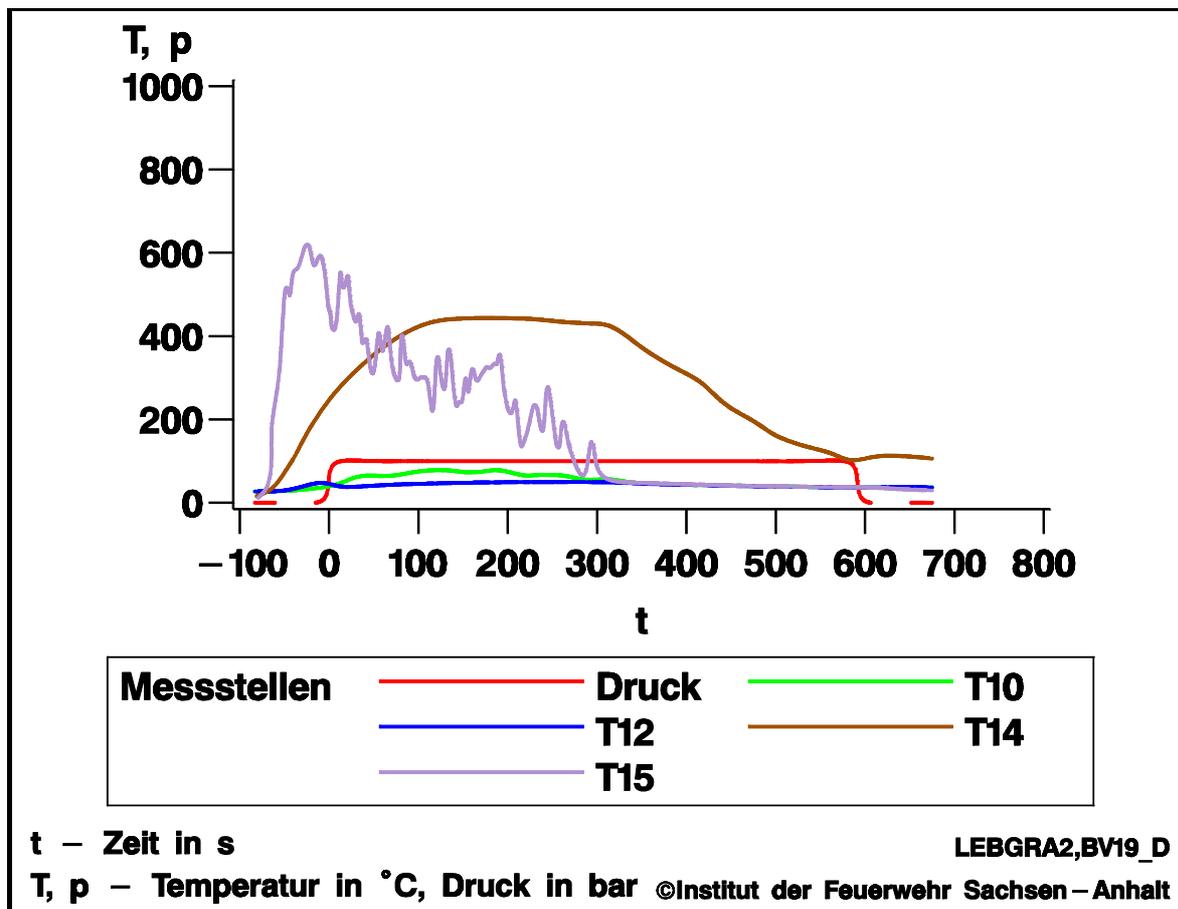


**Bild 3.18b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV18

### 3.19 Brandversuch BV19

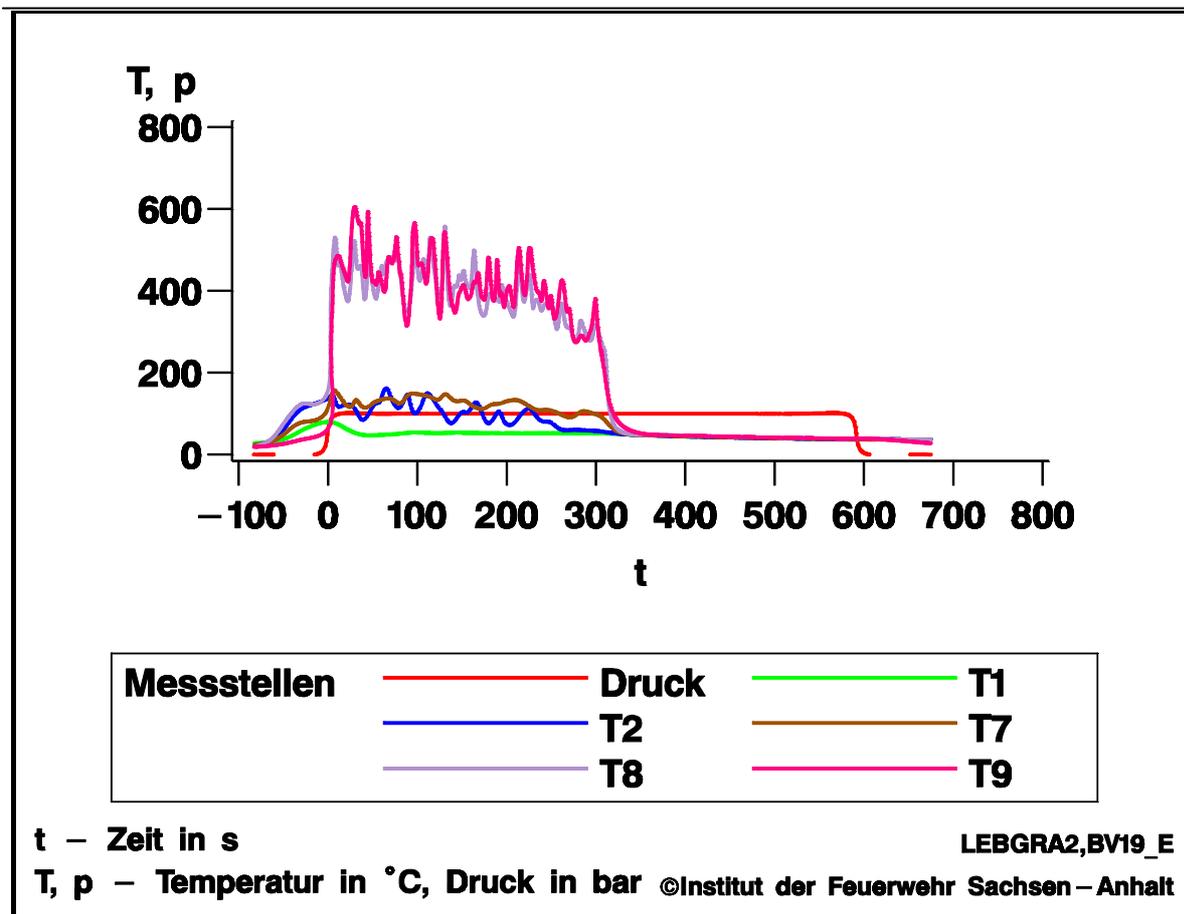
**Tabelle 3.19:** Ausgewählte Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV19

Brennstoff:	20 / Waschbenzin
Brandobjekt:	Brandwanne 13 B, vollständig verd.
Temperaturmessstellen:	Variante 2 (Bild A3.4)
Löschanlage:	4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
Feuer aus:	310 s (5:10 min)



**Bild 3.19a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV19

Die Temperaturmessstelle T<sub>14</sub> wurde bei diesem Versuch direkt an der Unterseite der Gitterboxpalette eingeklemmt. Sie zeigt annähernd die Temperatur des erhitzten Metallrahmens der Palette an. Diese Temperatur sinkt erheblich langsamer als die an den anderen im Raum platzierten Messstellen.



**Bild 3.19b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> und T<sub>9</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV19

## 4 Vergleichende Auswertungen

### 4.1 Übersicht

In die Auswertungen dieses Kapitels wird der Brandversuch BV15 nicht mit einbezogen, da dies der einzige Versuch mit Zugabe von Schaumbildner war. Für die folgenden Betrachtungen werden die Versuche entsprechend der Tabelle 4.1 geordnet.

**Tabelle 4.1:** Versuche und Löschzeiten „Feuer aus“

Versuch	Kurzbezeichnung	Versuch/Wiederholung	Versuchsnummer	Feuer aus in s
Waschbenzin, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XA-A	WB_34_nv_XA	Versuch	BV01	10
Waschbenzin, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XA-A	WB_34_nv_XA	Wiederholung	BV08	15
Waschbenzin, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XA-A	WB_34_tv_XA	Versuch	BV02	30
Waschbenzin, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XA-A	WB_34_tv_XA	Wiederholung	BV03	25
Waschbenzin, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XB-B	WB_34_nv_XB	Versuch	BV09	15
Waschbenzin, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XB-B	WB_34_nv_XB	Wiederholung	BV10	15
Waschbenzin, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XB-B	WB_34_tv_XB	Versuch	BV11	22
Waschbenzin, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XB-B	WB_34_tv_XB	Wiederholung	BV12	20

**Tabelle 4.1:** Versuche und Löschzeiten „Feuer aus“ (Fortsetzung)

Versuch	Kurz- bezeichnung	Versuch/ Wiederholung	Versuchs- nummer	Feuer aus in s
Brennspiritus, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XA-A	BS_34_nv_XA	Versuch	BV05	1185
Brennspiritus, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XA-A	BS_34_nv_XA	Wiederholung	BV07	1180
Brennspiritus, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XA-A	BS_34_tv_XA	Versuch	BV04	1175
Brennspiritus, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XA-A	BS_34_tv_XA	Wiederholung	BV06	1315
Brennspiritus, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XB-B	BS_34_nv_XB	Versuch	BV13	2010
Brennspiritus, 34 B, nicht verdeckt, DK7-XB-B	BS_34_nv_XB	Wiederholung	BV16	1660
Brennspiritus, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XB-B	BS_34_tv_XB	Versuch	BV14	2450
Brennspiritus, 34 B, teilweise verdeckt, DK7-XB-B	BS_34_tv_XB	Wiederholung	BV17	2245
Waschbenzin, 13 B, vollständig verdeckt, DK7-XB-B	WB_13_vv_XB	Versuch	BV18	360
Waschbenzin, 13 B, vollständig verdeckt, DK7-XB-B	WB_13_vv_XB	Wiederholung	BV19	310

Bei den Kurzbezeichnungen wurden folgende Abkürzungen verwendet:

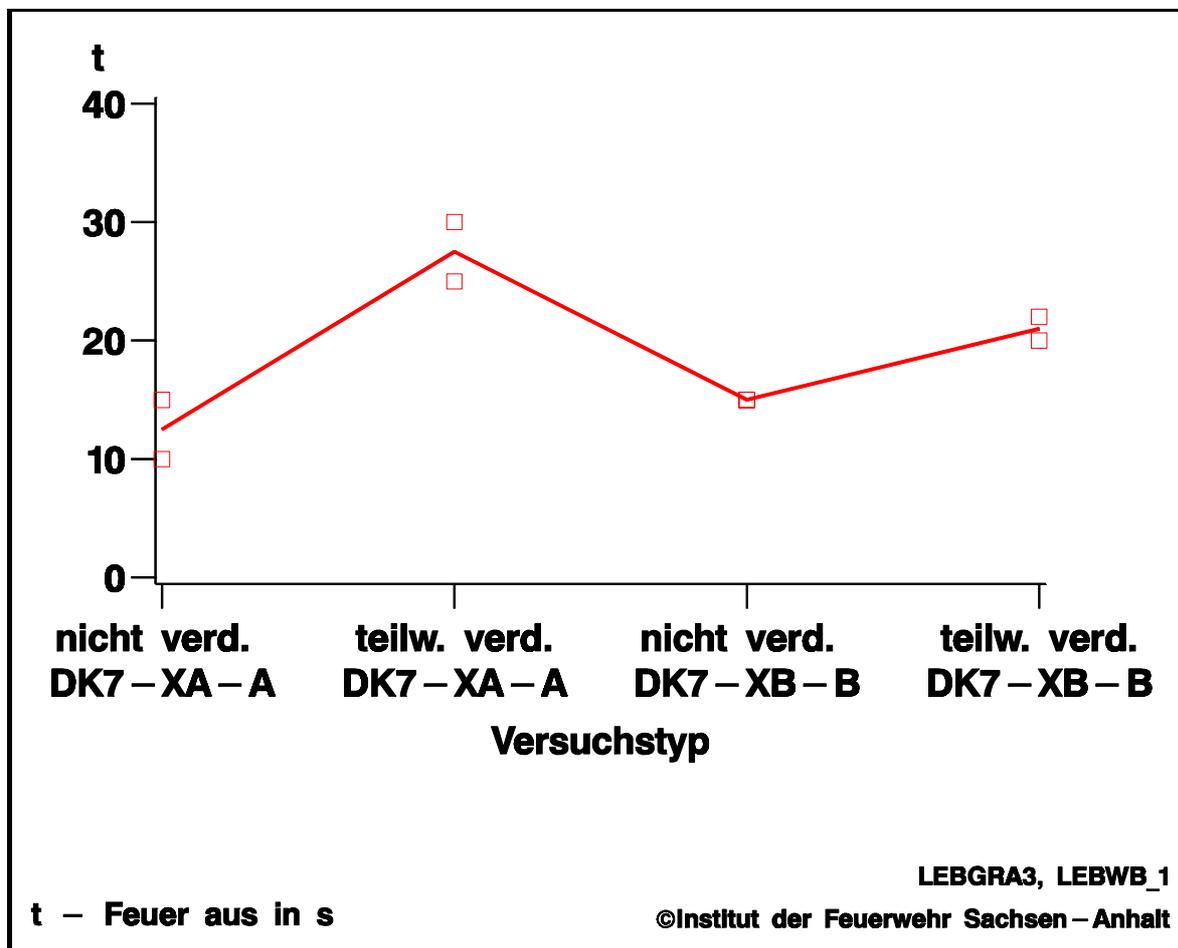
- ◆ WB - Waschbenzin,      BS - Brennspiritus,
- ◆ nv - nicht verdeckt,      tv - teilweise verdeckt,      vv - vollständig verdeckt,
- ◆ XA - DK7-XA-A,      XB - DK7-XB-B.

Betrachtet man die Löschzeiten („Feuer aus“), so kann festgestellt werden, dass die Versuche und die Wiederholungen eine gute Übereinstimmung zeigen. Das gilt für die Versuche mit beiden Flüssigkeiten.

Bei den Auswertungen ist zu berücksichtigen, dass nach Angabe des Herstellers die Löschwasservolumenströme 14 *l/min* für die Düse DK7-XA-A und 9 *l/min* für die Düse DK7-XB-B betragen. Bei den Messungen im Nasslabor wurden etwas geringere Werte ermittelt. Da jedoch nur eine Düse gemessen wurde, wird die Herstellerangabe angenommen. Demnach werden bei der Löschanlage 56 *l/min* mit den Düsen DK7-XA-A bzw. 36 *l/min* mit den Düsen DK7-XB-B eingesetzt.

## 4.2 Versuche mit Waschbenzin

Im Bild 4.1 sind die Löschzeiten für die Waschbenzinversuche bei der Brandwanne 34 B dargestellt.



**Bild 4.1:** Löschzeiten für die Brandversuche mit Waschbenzin bei der Brandwanne 34 B

Bei den Versuchen mit der Brandwanne 34 B kann kein signifikanter Unterschied zwischen den Düsen festgestellt werden. Bei nicht verdeckter Brandwanne bewirkt

der größere Massenstrom bessere Löschergebnisse. Ist die Brandwanne teilweise verdeckt, ist bei dieser Versuchsanordnung sogar der geringere Massenstrom von Vorteil.

Betrachtet man die Temperaturkurven des Kapitels 3, so ist zu sehen, dass neben den kurzen Löschzeiten bei der Brandwanne 34 B auch die Raumtemperaturen an allen Messstellen schon nach 1 bis 2 Minuten deutlich unter 100 °C liegen.

Bei der kleineren Brandwanne liegen die Löschzeiten wesentlich höher. Eine Ursache ist sicher darin zu suchen, dass der Wassernebel nicht direkt in die Brandwanne gelangen kann. Der Wassernebel muss von Hindernissen in diesen Bereich reflektiert bzw. von der durch den Brand erzeugten Thermik eingesaugt werden.

Die Raumtemperaturen vor dem Regal sinken nach Einschalten der Löschanlage relativ schnell unter 100 °C. Anders verhält es sich an den Messstellen T<sub>7</sub> bis T<sub>9</sub>, die zwischen dem Regal und der Außenwand angeordnet sind. Auf den Videos ist deutlich zu erkennen, dass die Flammen in diesen Spalt strömen, der eine deutliche Kaminwirkung erzeugt. Nach Verlöschen der Flammen sinkt auch dort die Raumtemperatur schnell ab. Beim Brandversuch BV19 wurde die Temperaturmessstelle direkt am Rahmen auf der Unterseite der Gitterboxpalette befestigt. Diese Temperatur sinkt erheblich langsamer.

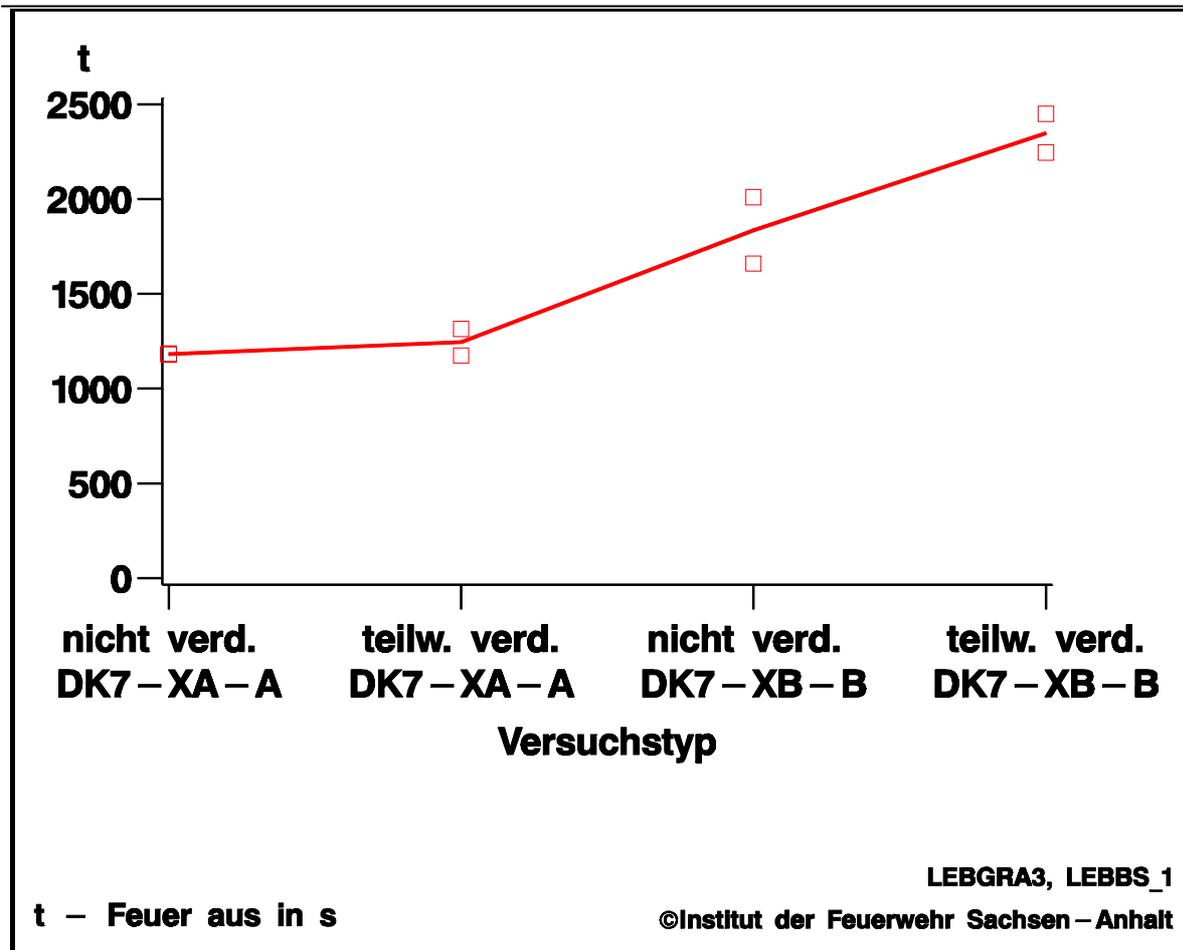
### 4.3 Versuche mit Brennspritus

Die Löschzeiten bei den Brennspritusversuchen zeigt Bild 4.2.

Bei der Bewertung müssen hier die Raumtemperaturkurven berücksichtigt werden. Wie bei den Brandversuchen mit Waschbenzin fallen die Raumtemperaturen im vorderen Bereich nach Einschalten der Löschanlage schnell.

Da die Löschzeiten vergleichsweise groß sind, sinken die Temperaturkurven im Spalt zwischen Regal und Außenwand langsamer. Bei der Düse mit mehr Wasserdurchsatz liegen aber alle Temperaturen nach ca. 5 *min* unterhalb 100 °C, ausgenommen die Messstellen T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub>, die direkt über der Brandwanne angeordnet sind. Bei der zweiten Düse DK7-XB-B ist diese Zeitspanne deutlich größer, sie liegt zum Teil bei über 10 *min*.

Es ist insgesamt jedoch festzustellen, dass nach Inbetriebnahme der Löschanlage die Raumtemperaturen nach ca. 5 – 10 Minuten unterhalb 100 °C sinken.



**Bild 4.2:** Löschzeiten für die Brandversuche mit Brennspritus bei der Brandwanne 34 B

Beim Brennspritus ist bei beiden Versuchsanordnungen die Düse DK7-XA-A deutlich im Vorteil.

## 5 Zusammenfassung

Die berücksichtigten Hochdrucknebel waren in der Lage, die betrachteten Situationen zu beherrschen. Folgende Sachverhalte sollten beachtet werden:

- Die verwendeten Brandwannen haben einen Rand von 150 mm Höhe. Dieser bildete einen ausgeprägten Sprühschatten und verzögerte insbesondere bei den Spiritusbränden den Löscherfolg wesentlich (vgl. Videoaufzeichnungen). Bei der Einrichtung eines Lagerraumes ist anzustreben, dass die Geometrie so beeinflusst wird, dass mögliche Sprühschattenbildungen reduziert werden.
- Obwohl der Wassernebel der Düse DK7-XB-B (9 l/min je Düse) mit geringerem Volumenstrom bei den Waschbenzinbränden ähnliche Ergebnisse lieferte wie die Düse DK7-XA-A (14 l/min je Düse), sollte man insbesondere unter Berücksichtigung der Spiritusbrände die größere Düse einsetzen.
- Zu den vergleichsweise langen Löschzeiten bei den Spiritusbränden ist zu bemerken, dass die Raumtemperaturen an den Messstellen wesentlich früher Werte unter 100 °C annahmen. Der Brand wird „auf kleiner Flamme“ lokal begrenzt und eine weitere Ausbreitung ist nicht zu erwarten, wenn die Löschanlage in Betrieb bleibt.
- Zu beachten ist, dass sich im Lagerraum Kamine ausbilden können, in denen die Temperaturen stark ansteigen und nach Inbetriebnahme der Löschanlage auch langsamer sinken.
- Befinden sich im Brandbereich Gegenstände, z. B. Metallteile, die sich stark erwärmen, so kühlen sich diese nur langsam ab (vgl. BV19, Temperaturmessstelle T<sub>14</sub>).
- Die Löschanlage sollte nur im Beisein von Fachpersonal abgeschaltet werden.

Der Brandraum war bei den Versuchen geschlossen, jedoch die Raumöffnungen nicht luftdicht versiegelt. Es fand noch ein Luftaustausch statt, der ein Ersticken des Feuers mangels Sauerstoff verhinderte. Es muss beim Einsatz von Wassernebel jedoch gesichert sein, dass sich keine Sekundärströmungen über Fensteröffnungen, Kamine oder ähnliches ausbilden können, die die Wassernebelkonzentration im Brandbereich senken.

In jedem Fall ist nach Aktivieren der Anlage der Lagerraum durch Fachkräfte sorgfältig zu inspizieren und zu sichern, damit der Brand nicht erneut ausbrechen kann.

## Literatur

### **[Brauer 71]**

Brauer, Heinz: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmung. Verlag Sauerländer, Aarau und Frankfurt/Main, 1971

### **[Chow et al. 98]**

Chow, W. K.; Yin, Rumin: Review of Droplet Size Distributions for a Water Spray. J. Applied Fire Science, 7, 1997-98, 195-205

### **[Covelli 93]**

Covelli, B.: Löschwirksamkeit von Wassernebel - Eignung als Halon-Ersatz? VdS-Fachtagung "Feuerlöschanlagen", 8. und 9. Dezember 1993 in Köln, 1993, Tagungsband, 1-18

### **[Grabski et al. 95]**

Grabski, Reinhard; Starke, Horst: Wasser - ein universelles Löschmittel dank neuer Technologien. 4. Wagner-Symposium "Zukunftsweisende Brandschutzkonzepte", 21.09.1995, Frankfurt/Main, 1995, Tagungsband, 70-91

### **[Grabski et al. 96]**

Grabski, Reinhard; Starke, Horst: Physical Fundamentals of New Techniques for Forest Fire-Fighting with Water. Proceedings of the 3rd International Scientific Conference "Wood & Fire Safety", May 6-9 1996, Slovakia, 1996, 283-292

### **[Grabski 96]**

Grabski, Reinhard: Löschen mit Wassernebeln. In: Das Große Feuerwehr Handbuch. Praxiswissen von A - Z, Kognos Verlag Braun GmbH, Stadtbergen, 1996, 7-L150-1 bis 7-L150-16

### **[Lefebvre 89]**

Lefebvre, Arthur H.: Atomization and Sprays. Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1989

### **[Mugele et al. 51]**

Mugele, R. A.; Evans, H. D.: Droplet Size Distribution in Sprays. Industrial and Engineering Chemistry, 43, 1951, 6, 1317-1324

### **[Prendke 96]**

Prendke, Wolf-Dieter: Lexikon der Feuerwehr. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart - Berlin - Köln, 1996

### **[Römpp 95]**

Falbe, Jürgen; Regitz, Manfred (Hrsg.): Römpp Chemie Lexikon auf CD-ROM. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1995

### **[Schremmer 97]**

Schremmer, Ulf: Stationäre automatische Wasservernebelungsanlagen. TÜ, 38, 1997, 5, 20-25

**[Starke et al. 96]**

Starke, Horst; Wienecke, Friedrich; Grabski, Reinhard: Fein verteiltes Wasser als Volumen- und Oberflächenlöschmittel. Brandschutzforschung der Bundesländer - Bericht Nr. 98 - Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, Heyrothsberge, 1996

**[Starke et al. 96a]**

Starke, Horst; Schmeißer, Regina: Auswertung großer Versuchsdatenmengen am Beispiel der Sprühstrahlvermessung. Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, Heyrothsberge, 1996, Jahresbericht 1995, 103-110

**[Starke et al. 98a]**

Starke, Horst; Grabski, Reinhard: Beschreibung von feinverteiltem Wasser und dessen Löscheigenschaften. vfdb-Jahresfachtagung Erfurt, 7.-10. Juni, 1998, Tagungsband, 175-203

**[Strieder 97]**

Strieder, Tim: Feinsprühlöschanlagen. ALBINGIA Schadenmagazin, 28, 1997, ASM 36 D/E, 13-26

**[Wang 94]**

Wang, Mingyi: Theoretische Grundlagen der Löschwirkung und Effizienz von Sprinklern. Dissertation, Universität Kaiserslautern, 1994

**[Widetschek 95]**

Widetschek, Otto: Gibt es ein Universallöschmittel? Historische Entwicklung und Problemstellung. Internationales Symposium Brandschutz'95, 4. bis 7. Oktober 1995 in Graz, Tagungsband, 91-98

## **Anhang A Skizzen des Brandversuchsraumes und der Versuchsaufbauten**

### **Inhalt**

	Verzeichnis der Bilder	A-1
A1	Skizzen des Brandversuchsraumes	A-2
A2	Skizzen der Regalaufbauten und der Löschanlage	A-4
A3	Skizzen der Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen	A-7

### **Verzeichnis der Bilder**

A1.1	Seitenansicht des Brandversuchsraumes	A-2
A1.2	Draufsicht auf den Brandversuchsraum	A-3
A2.1	Seitenansicht auf den Regalaufbau an der Südseite des Brandversuchsraumes und die Löschanlage	A-4
A2.2	Seitenansicht auf den Regalaufbau an der Nordseite des Brandversuchsraumes und die Löschanlage	A-5
A2.3	Draufsicht auf den Regalaufbau und die Löschanlage	A-6
A3.1	Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen (Variante 1) an der Südseite	A-7
A3.2	Regalbestückung und Anordnung der Temperaturmessstellen an der Nordseite	A-8
A3.3	Draufsicht auf die Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen (Variante 1)	A-9
A3.4	Draufsicht auf die Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen (Variante 2)	A-10

## A1 Skizzen des Brandversuchsraumes

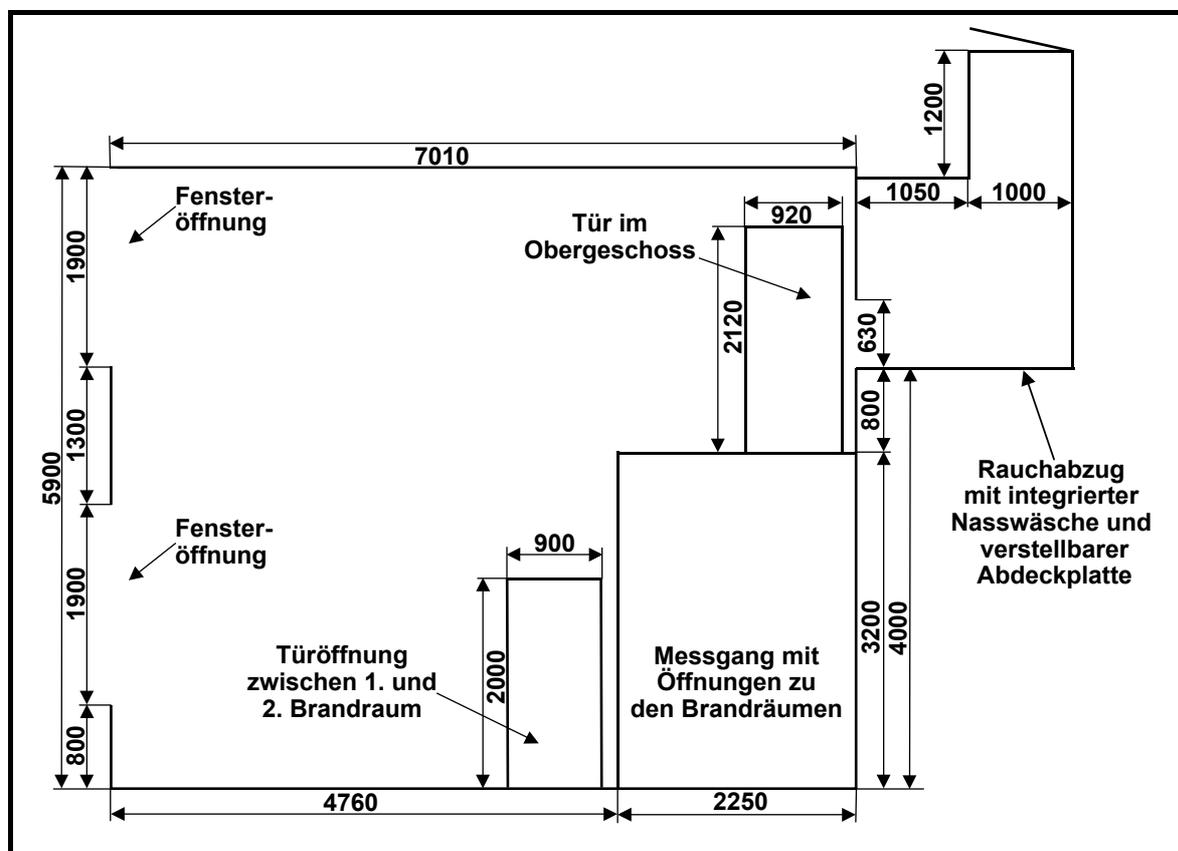
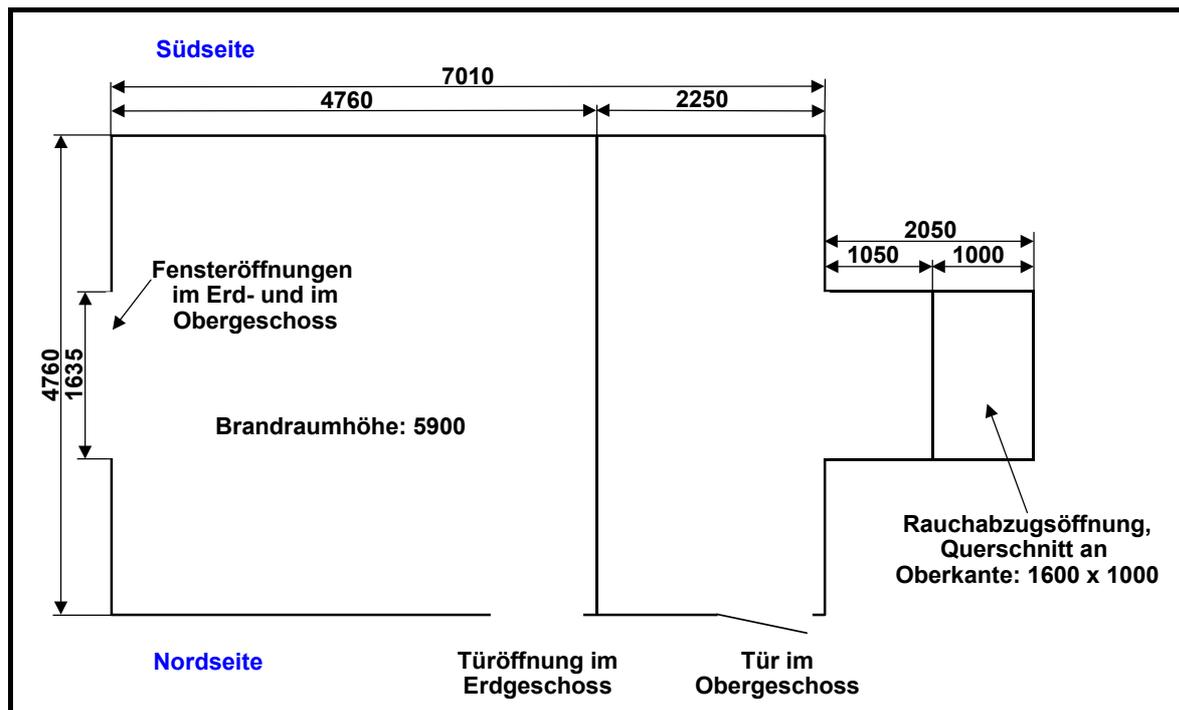
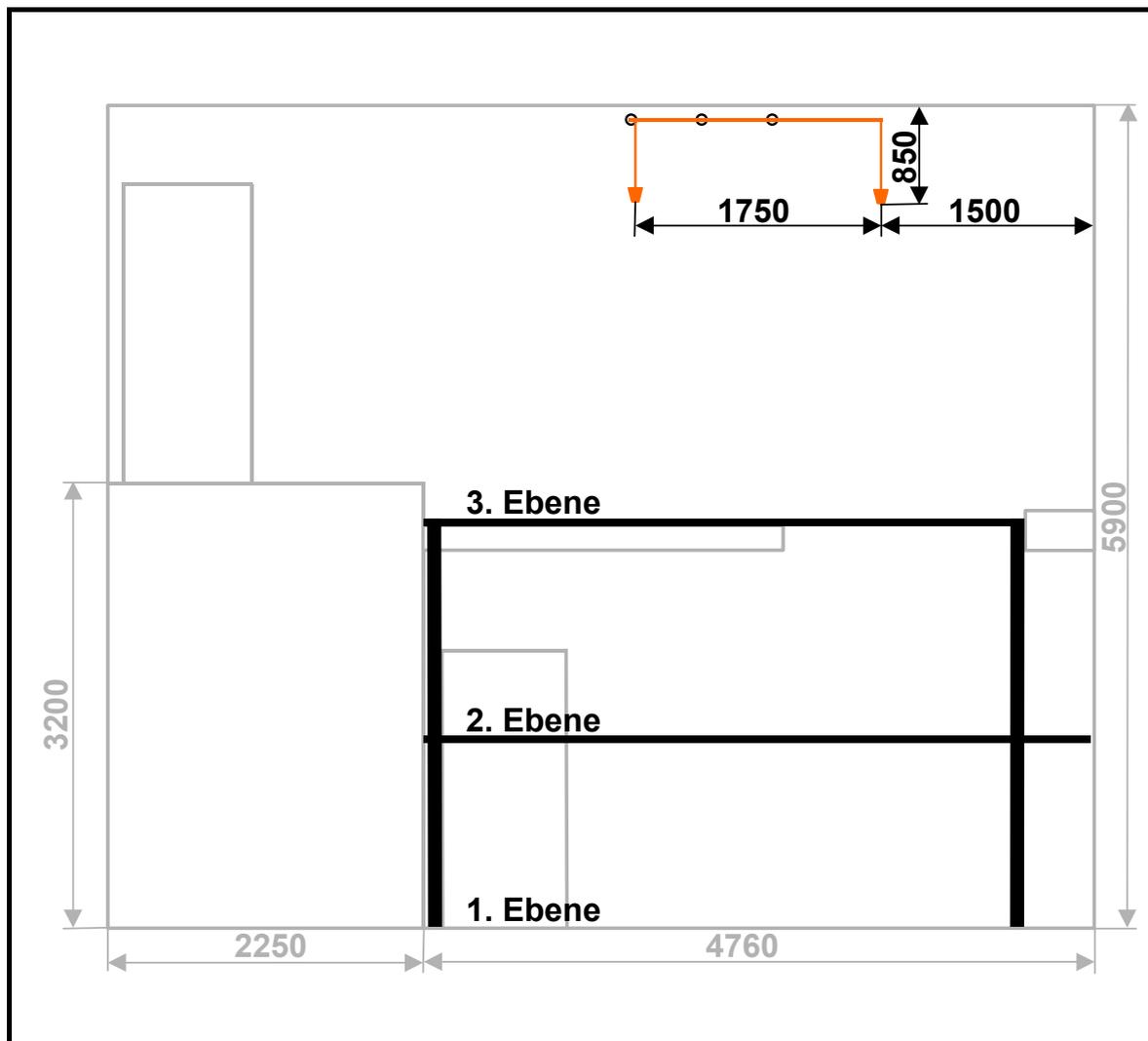


Bild A1.1: Seitenansicht des Brandversuchsraumes



**Bild A1.2:** Draufsicht auf den Brandversuchsraum





**Bild A2.2:** Seitenansicht auf den Regalaufbau an der Nordseite des Brandversuchsraumes und die Löschanlage

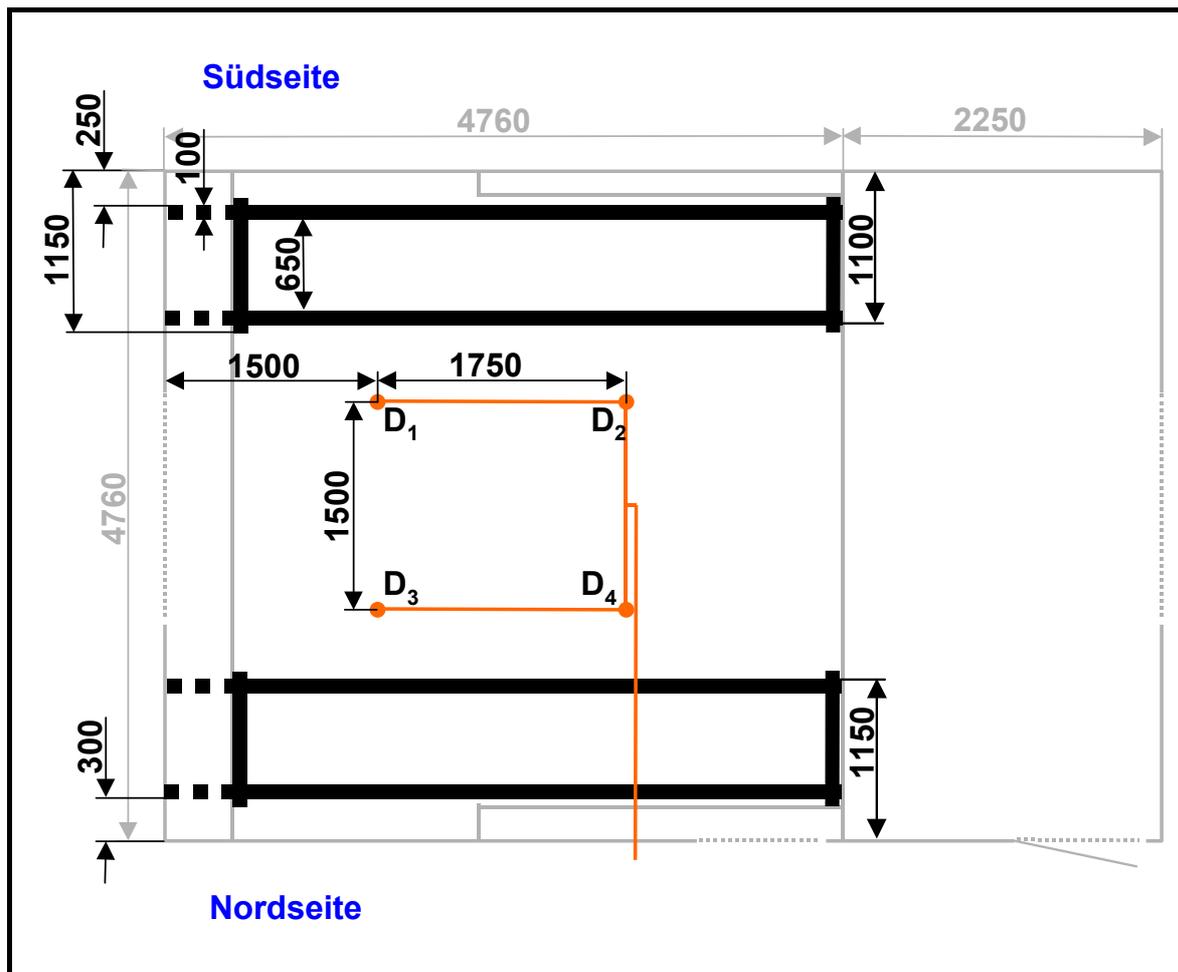
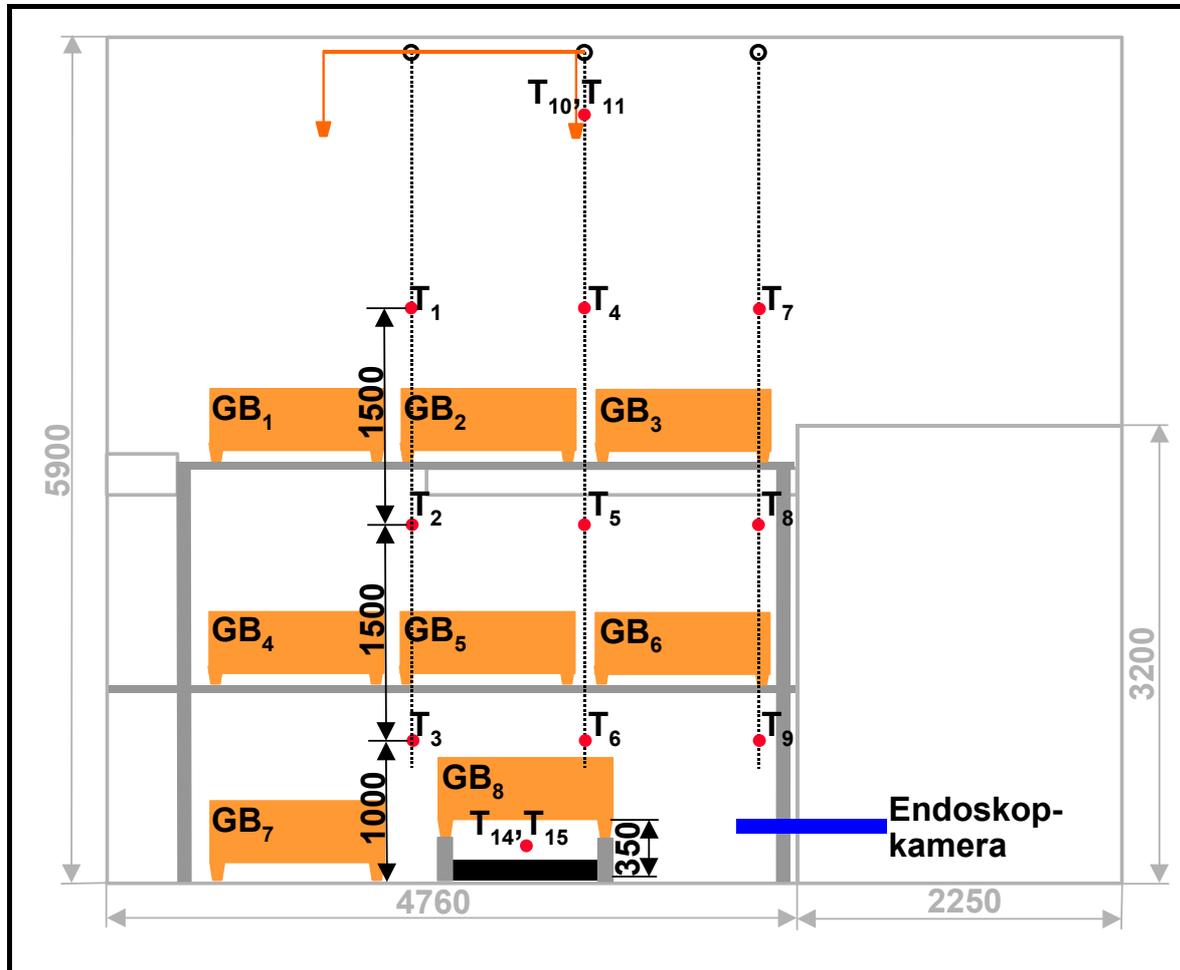
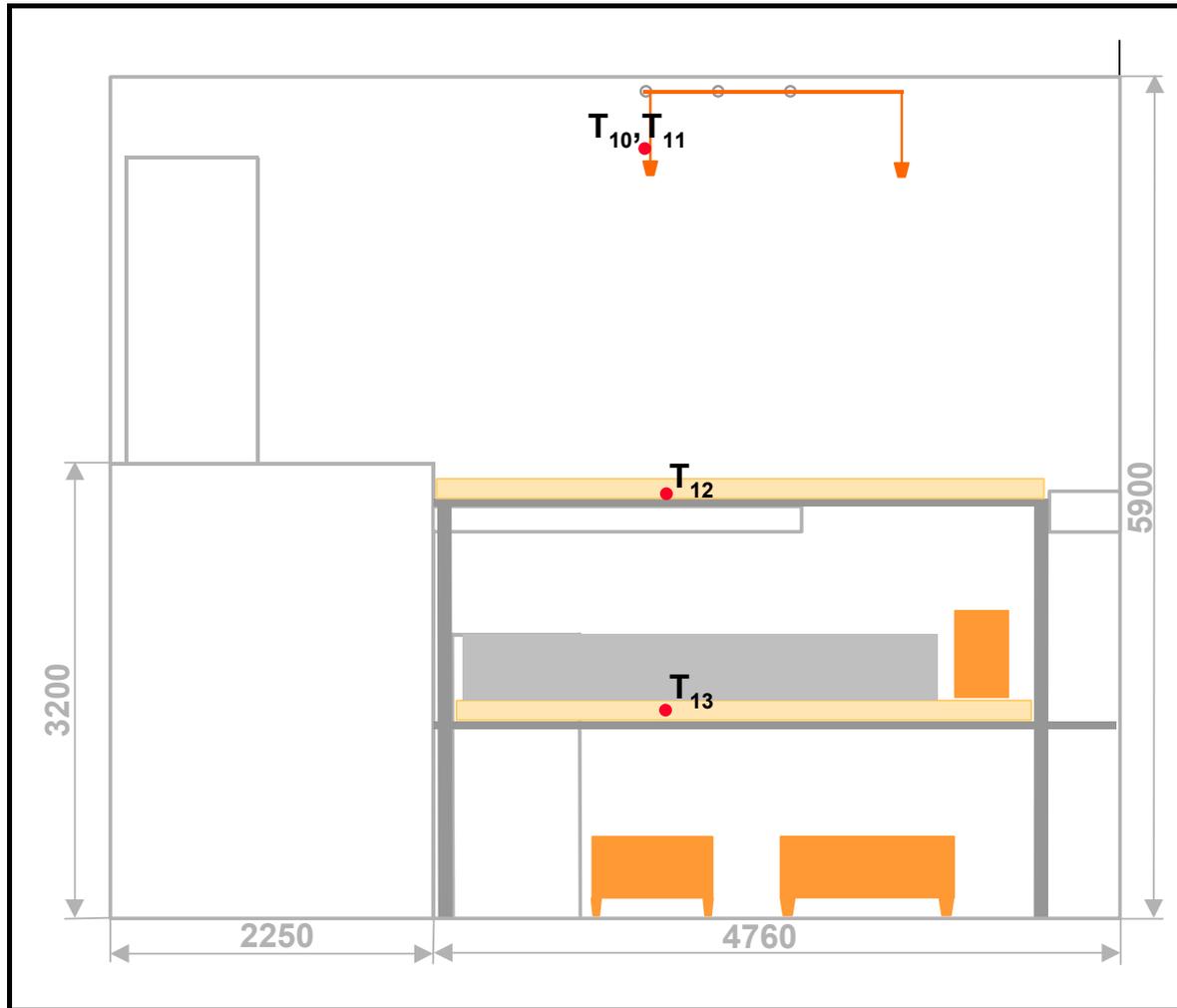


Bild A2.3: Draufsicht auf den Regalaufbau und die Löschanlage

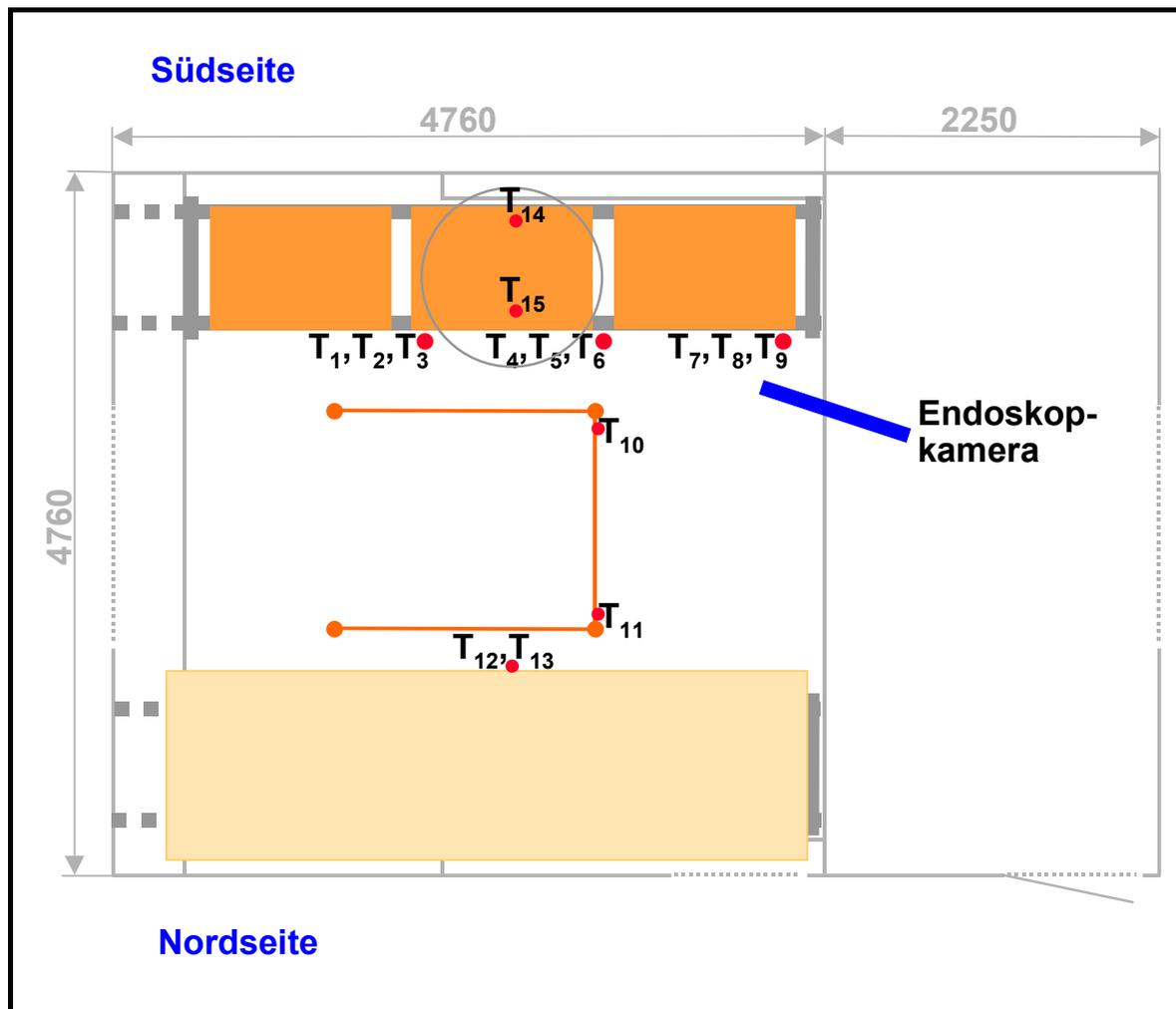
### A3 Skizzen der Regalbestückung und Anordnung der Temperaturmessstellen



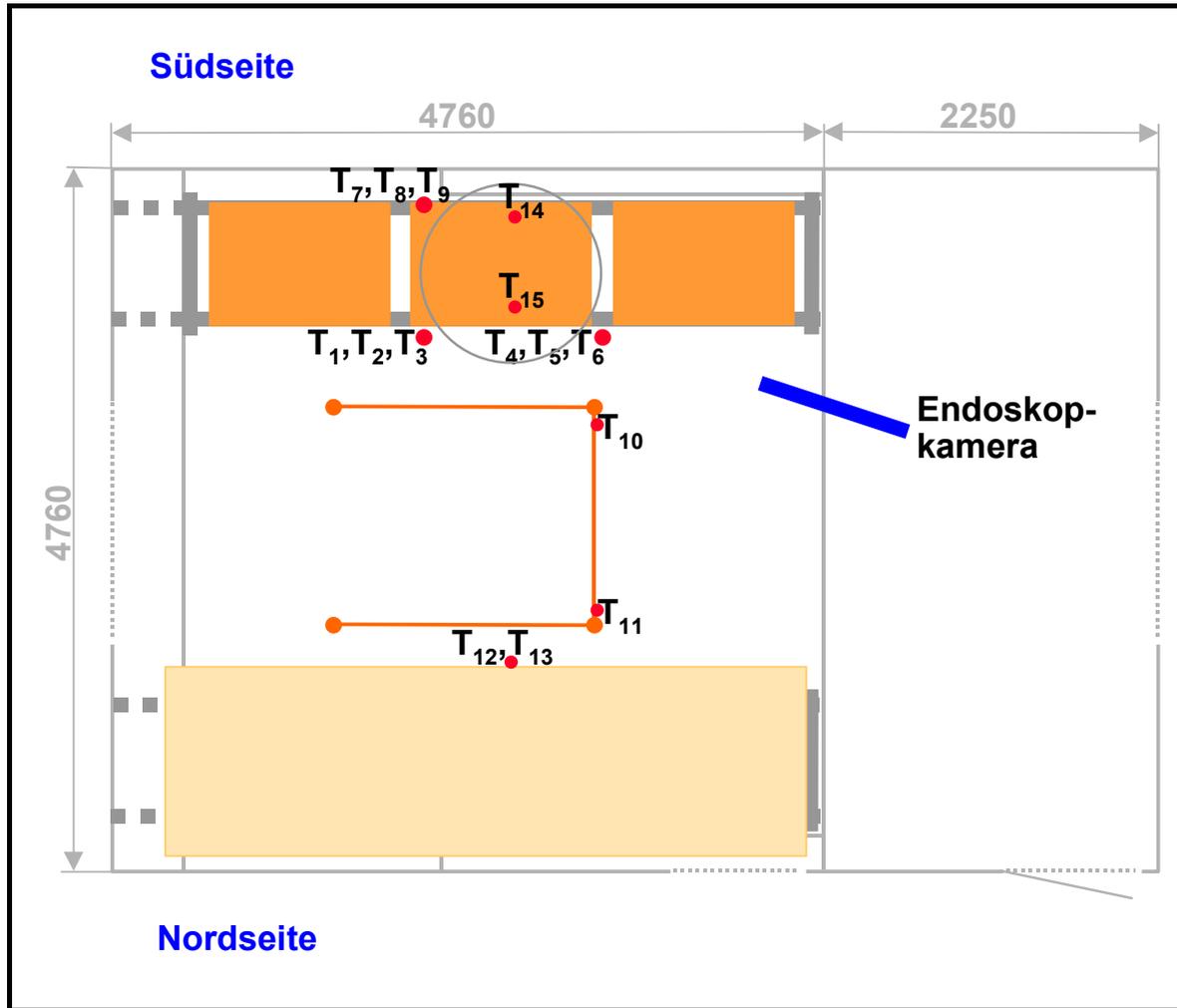
**Bild A3.1:** Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen (Variante 1) an der Südseite



**Bild A3.2:** Regalbestückung und Anordnung der Temperaturmessstellen an der Nordseite



**Bild A3.3:** Draufsicht auf die Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen (Variante 1)



**Bild A3.4:** Draufsicht auf die Regalbestückung und die Anordnung der Temperaturmessstellen (Variante 2)

# **Anlage B    Versuchsprotokolle und Temperaturkurven**

## **Inhalt**

Zum Aufbau des Anhanges B	B-2
Brandversuch BV01	B-3
Brandversuch BV02	B-5
Brandversuch BV03	B-7
Brandversuch BV04	B-9
Brandversuch BV05	B-11
Brandversuch BV06	B-13
Brandversuch BV07	B-15
Brandversuch BV08	B-17
Brandversuch BV09	B-19
Brandversuch BV10	B-21
Brandversuch BV11	B-23
Brandversuch BV12	B-25
Brandversuch BV13	B-27
Brandversuch BV14	B-29
Brandversuch BV15	B-31
Brandversuch BV16	B-33
Brandversuch BV17	B-35
Brandversuch BV18	B-37
Brandversuch BV19	B-39

## Zum Aufbau des Anhanges B

Im Anhang B werden folgende Sachverhalte zusammengestellt.

### Tabellen

Für jeden Brandversuch *nn* wird die Tabelle

**Tabelle B.nn:** Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch *BVnn*

angegeben. Sie enthält Informationen

- zur Versuchszeit (Datum, Uhrzeit),
- zum Versuchsaufbau (Brennstoff, Brandobjekt, Temperaturmessstellen, Löschanlage)
- zu den Wetterdaten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung)
- zum Versuchsablauf und
- gegebenenfalls Bemerkungen.

### Bilder

Für jeden Versuch *nn* sind drei Typen von Bildern angegeben, die mit a, b und c gekennzeichnet sind. Sie haben folgende Inhalte:

**Bild B.nna:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch *BVnn*

**Bild B.nnb:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch *BVnn*

**Bild B.nnc:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch *BVnn*

## Brandversuch BV01

Tabelle B.1: Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV01

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	02.11.1999 14:00
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 1 (Bild A3.3) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	13 °C 92 % 1.5 m/s SW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 10 s
<b>Bemerkungen:</b>		

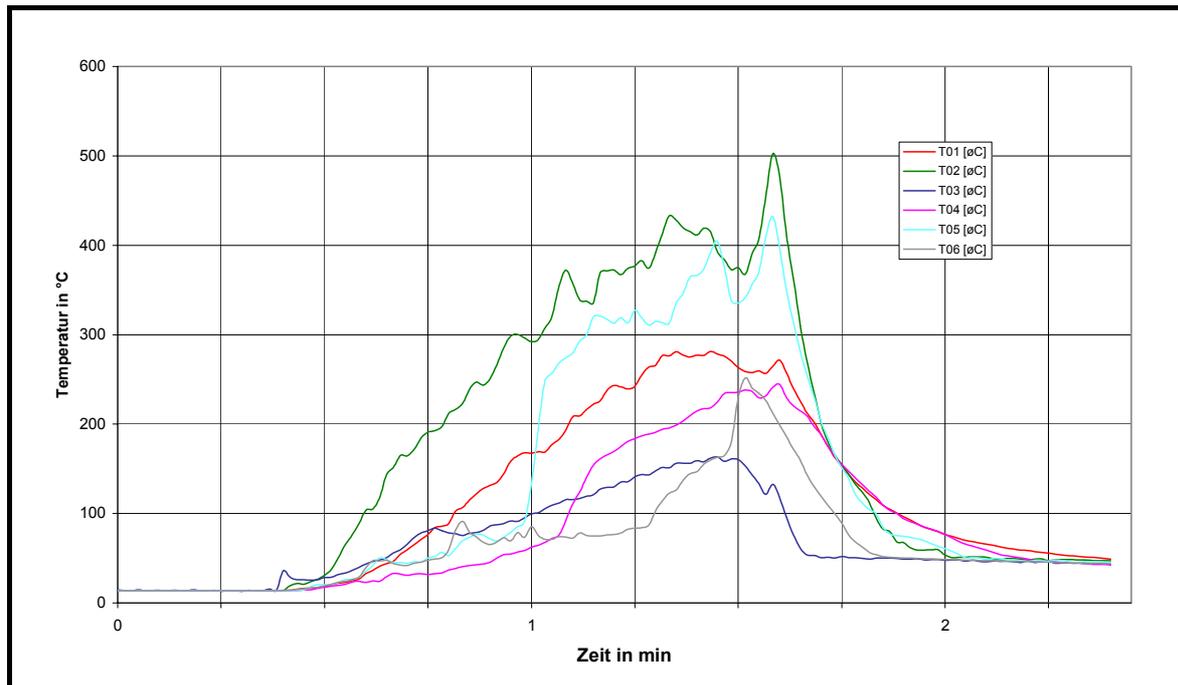
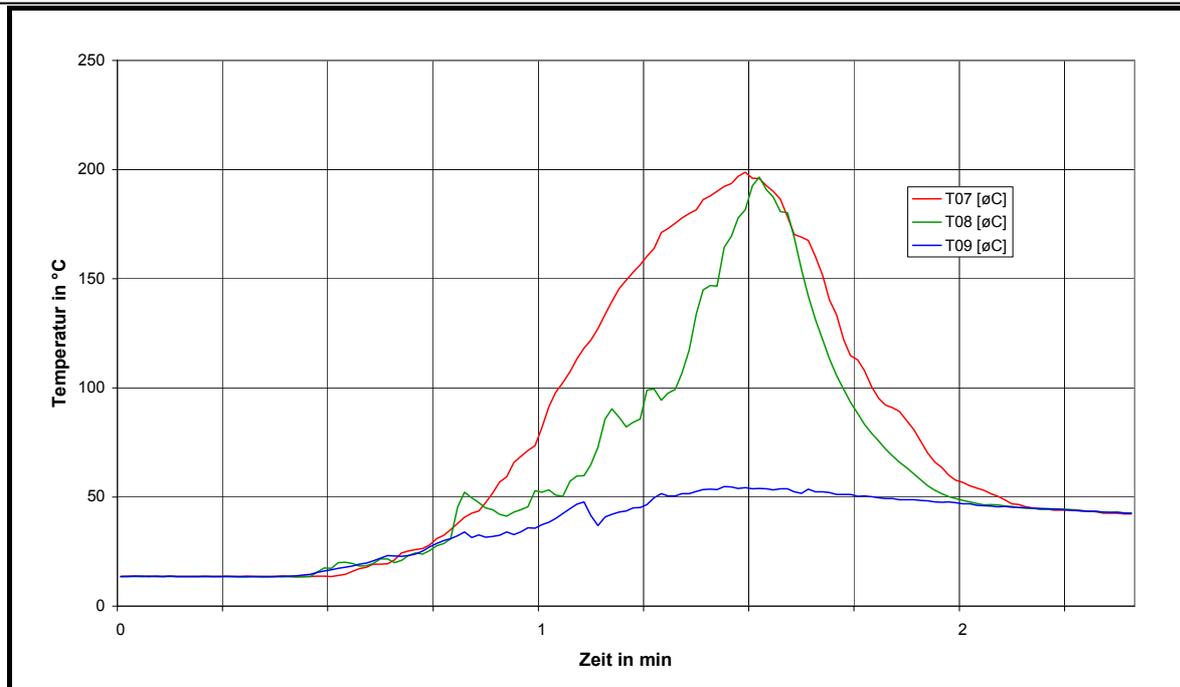
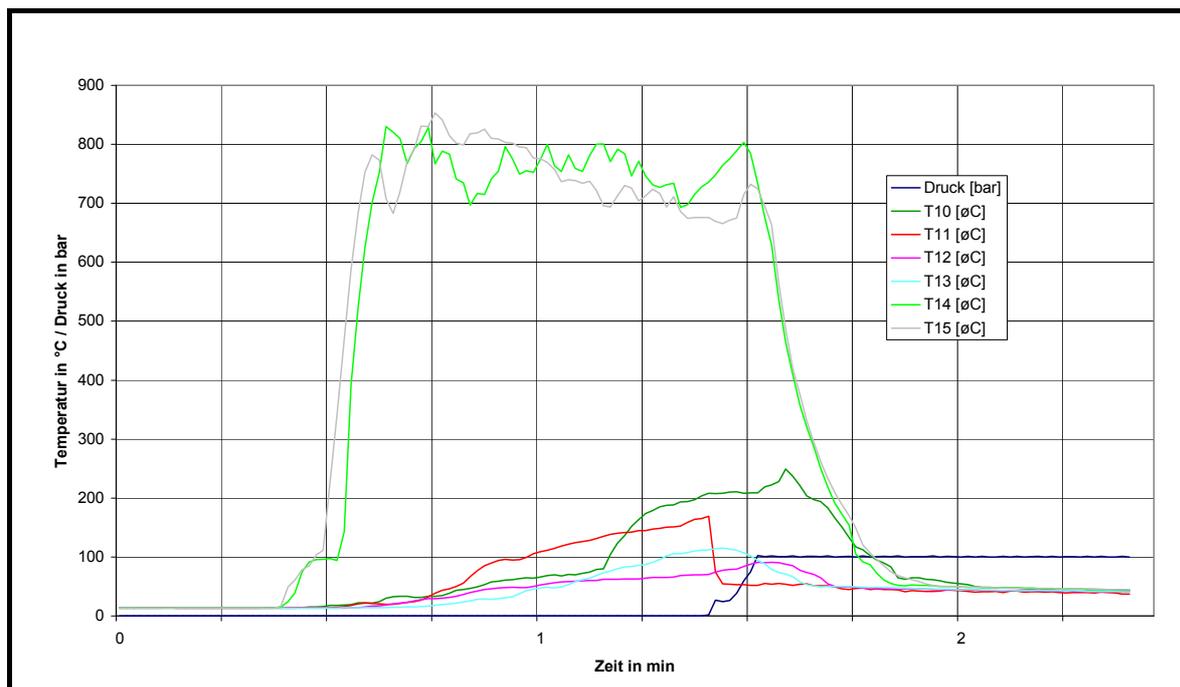


Bild B.1a: Temperaturkurven für die Messstellen T01 bis T06 für den Brandversuch BV01



**Bild B.1b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV01



**Bild B.1c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV01

## Brandversuch BV02

Tabelle B.2: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV02

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	02.11.1999 14:45
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 1 (Bild A3.3) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	13 °C 92 % 1.5 m/s SW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 30 s
<b>Bemerkungen:</b>		

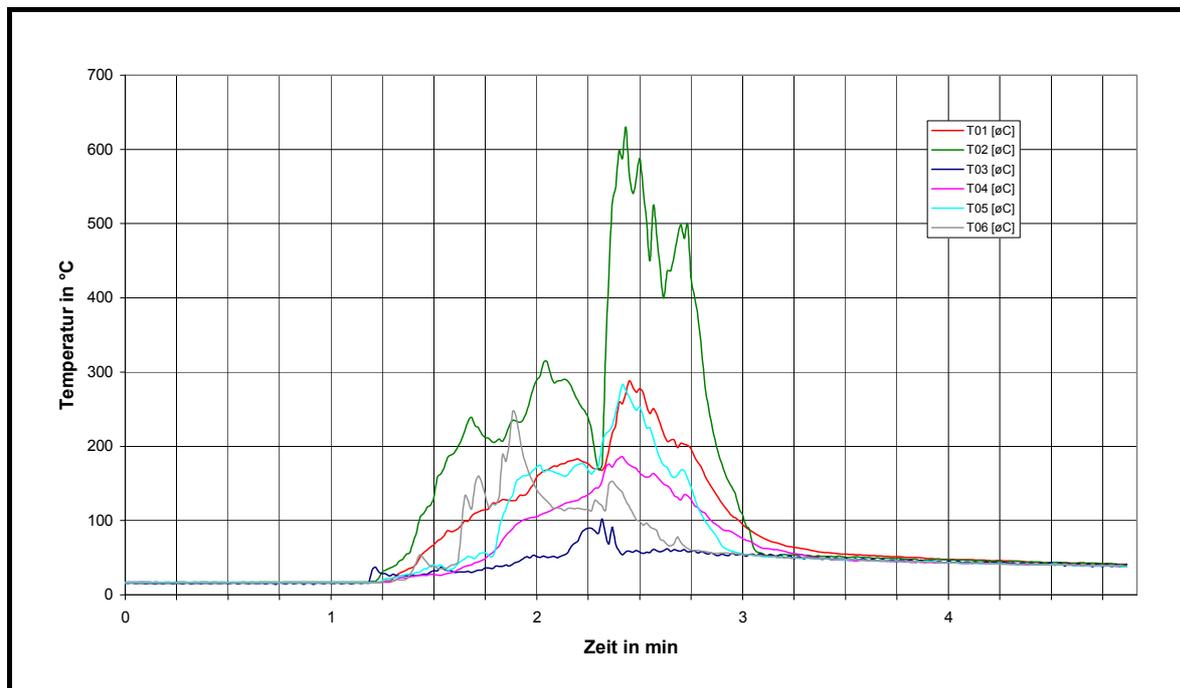
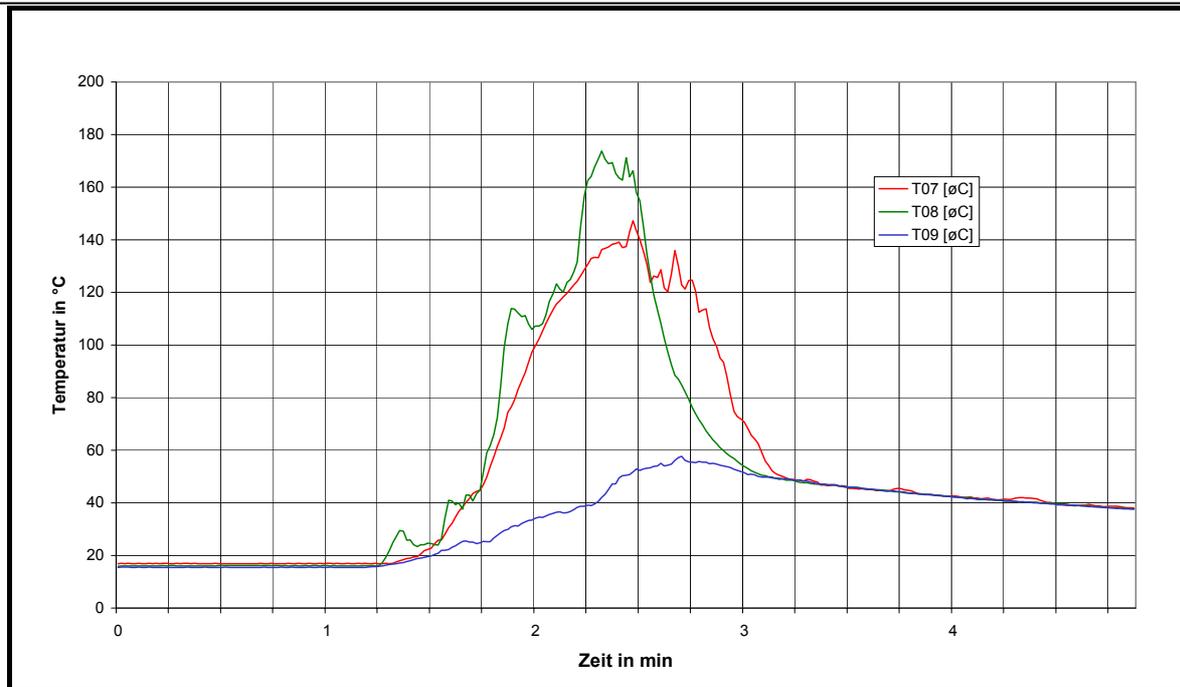
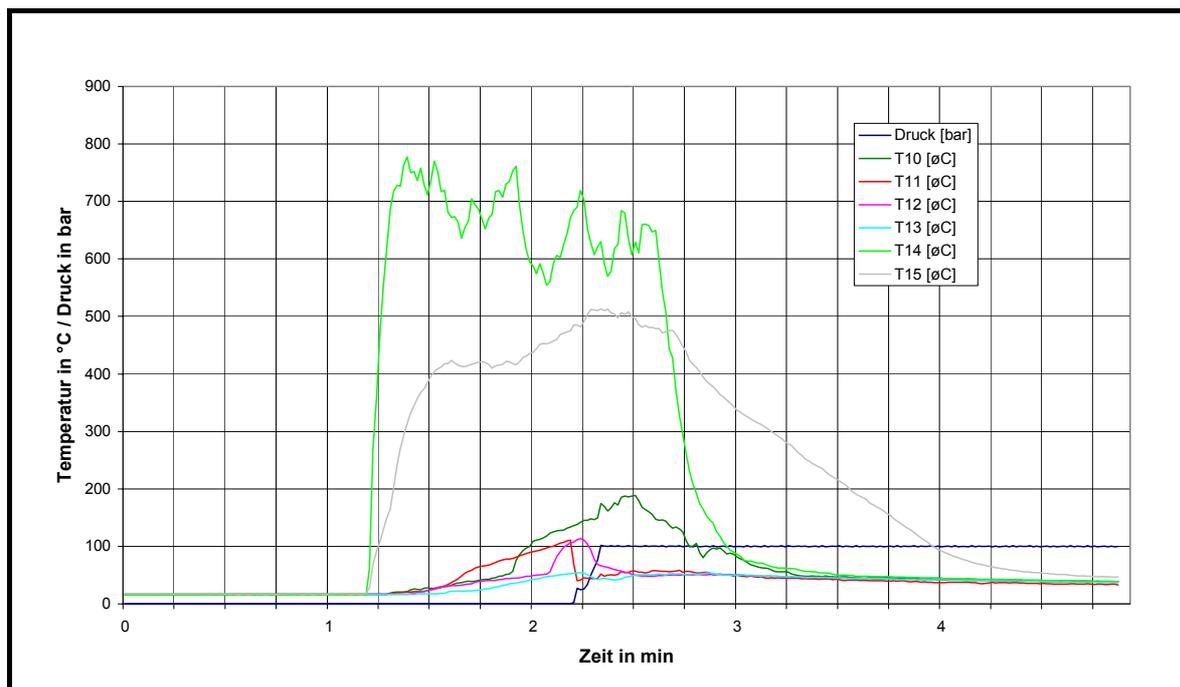


Bild B.2a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV02



**Bild B.2b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV02



**Bild B.2c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV02

## Brandversuch BV03

Tabelle B.3: Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV03

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	02.11.1999 15:40
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 1 (Bild A3.3) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	13 °C 92 % 1.5 m/s SW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	100 bar 60 s 25 s
<b>Bemerkungen:</b>		

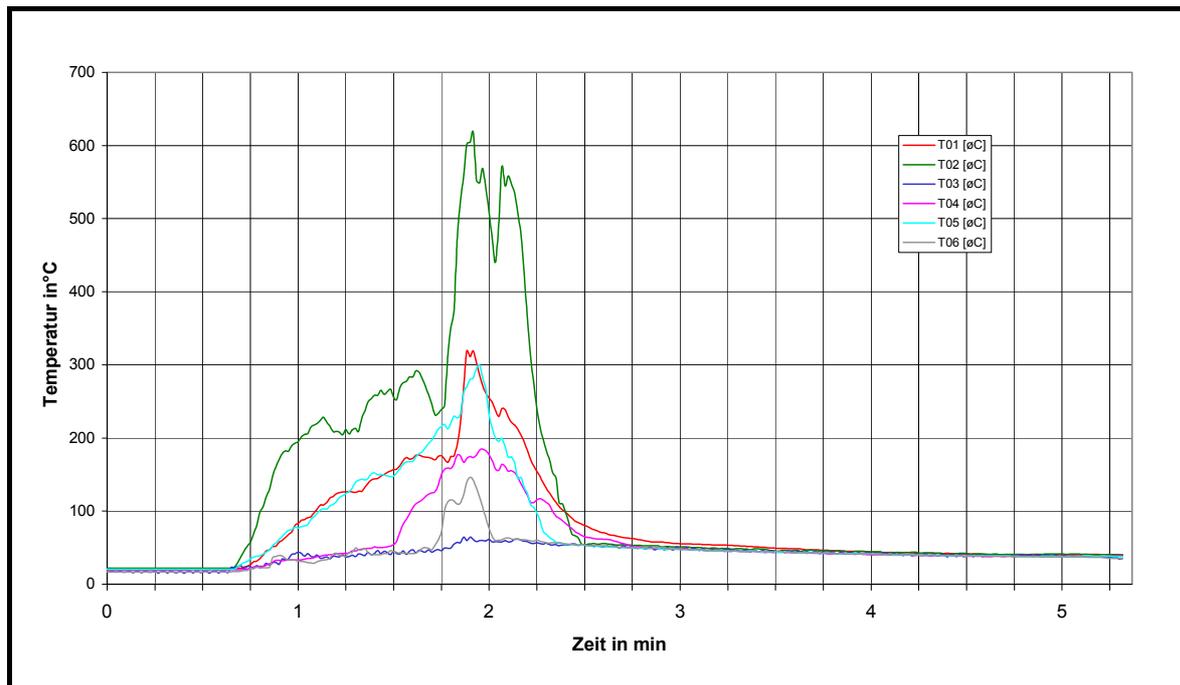
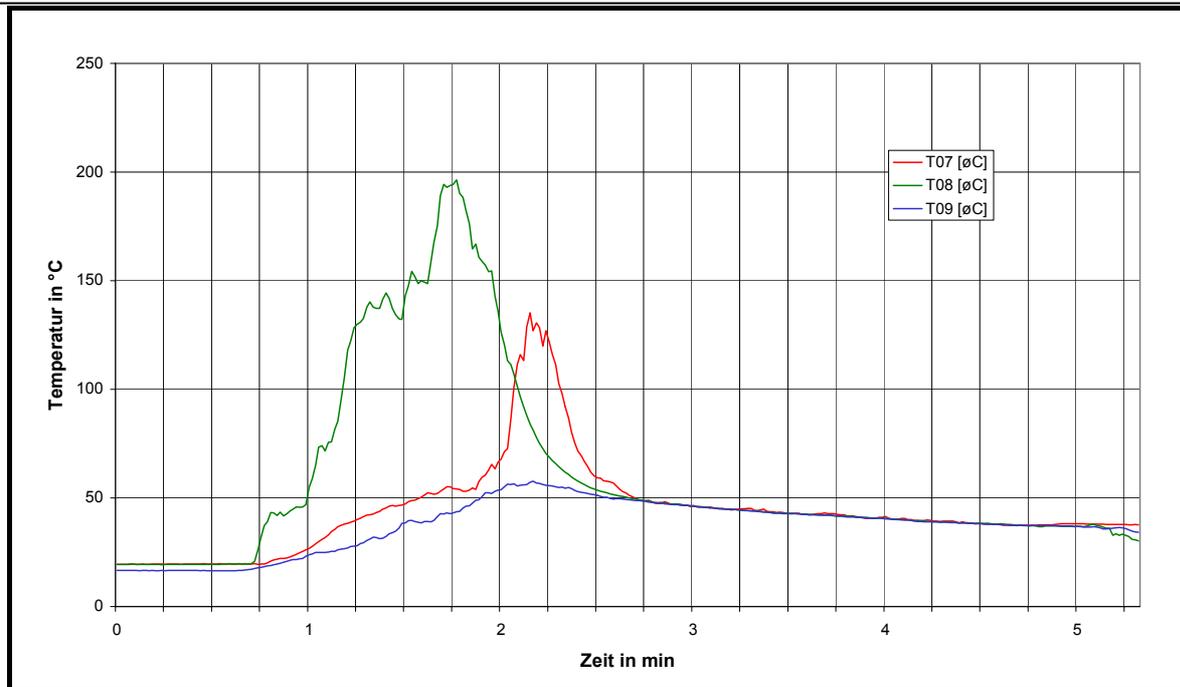
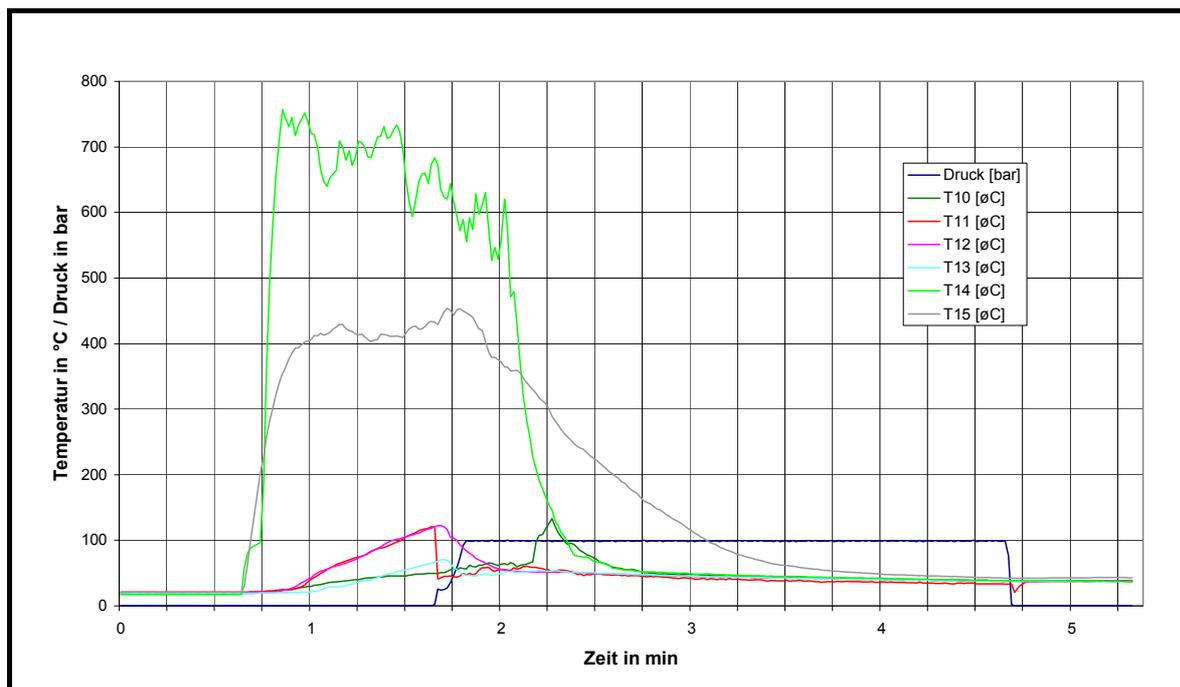


Bild B.3a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV03



**Bild B.3b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV03



**Bild B.3c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV03

## Brandversuch BV04

Tabelle B.4: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV04

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	02.11.1999 15:30
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 1 (Bild A3.3) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	12 °C 93 % 1 m/s WSW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	100 bar 60 s 1175 s (19:35 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		

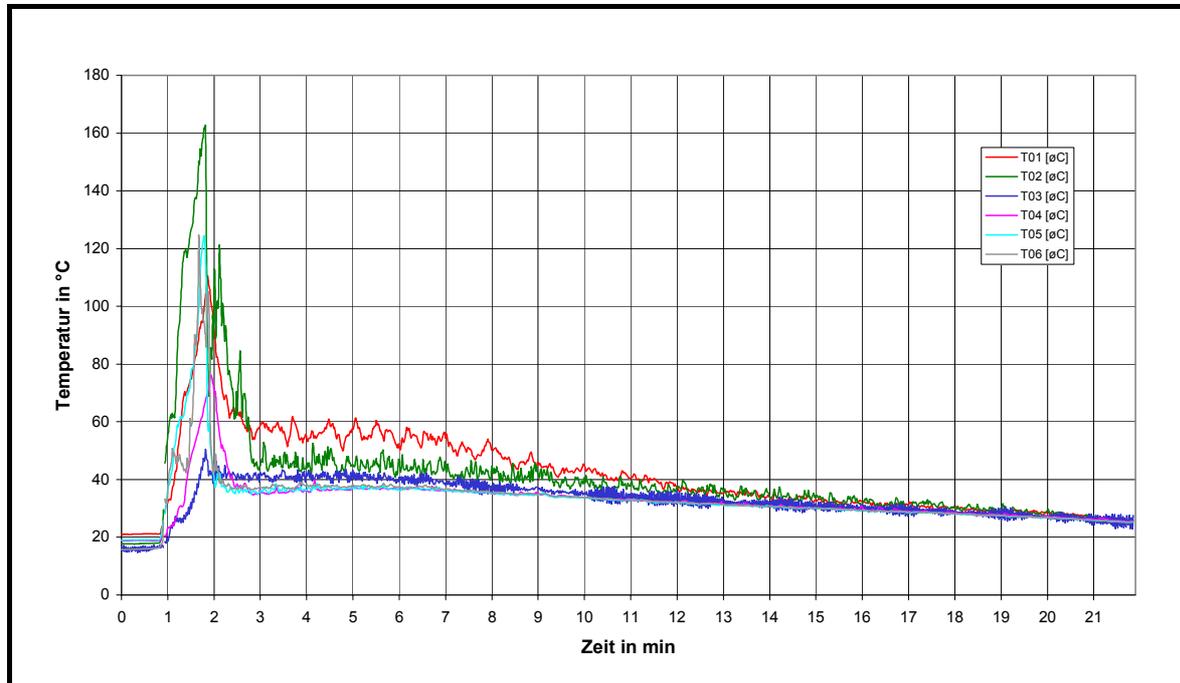
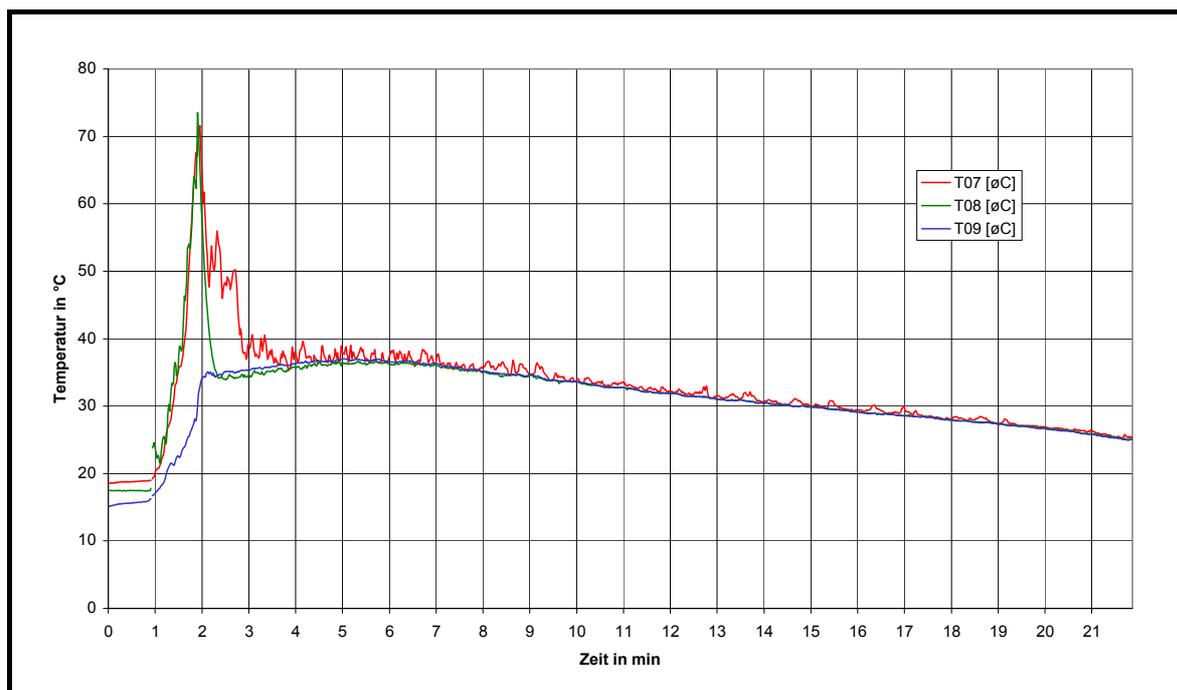
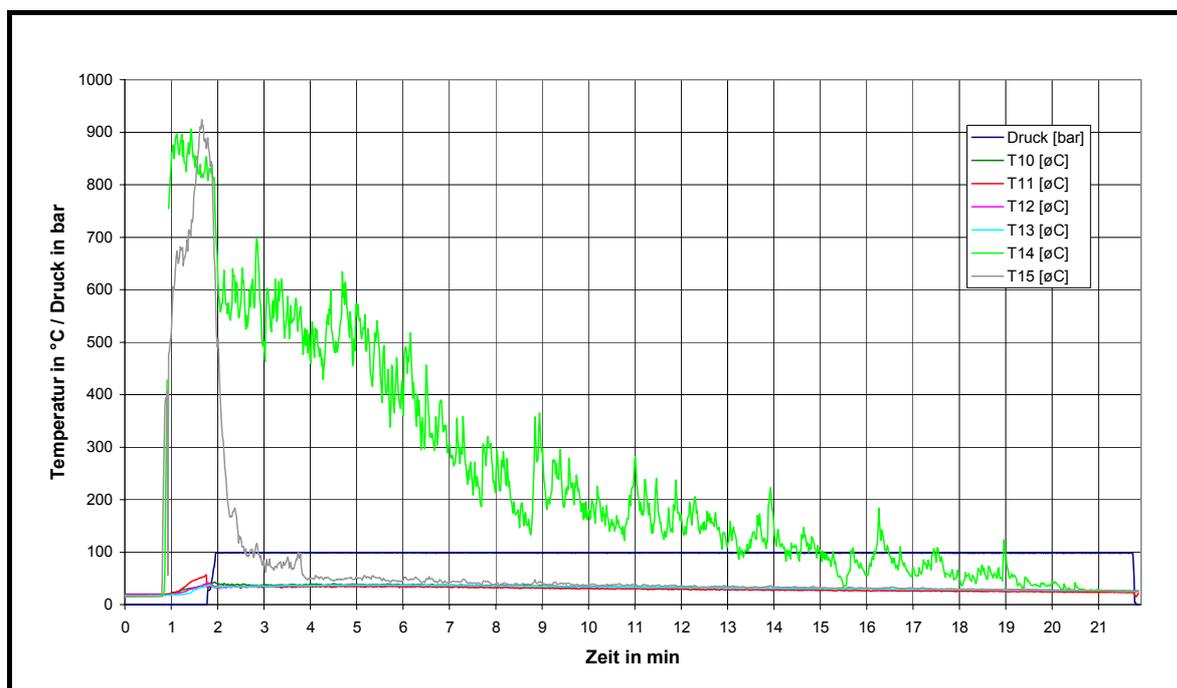


Bild B.4a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV04



**Bild B.4b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV04



**Bild B.4c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV04

## Brandversuch BV05

Tabelle B.5: Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV05

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	02.11.1999 17:00
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 1 (Bild A3.3) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	11 °C 93 % 1 m/s WSW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	100 bar 60 s 1185 s (19:45 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		

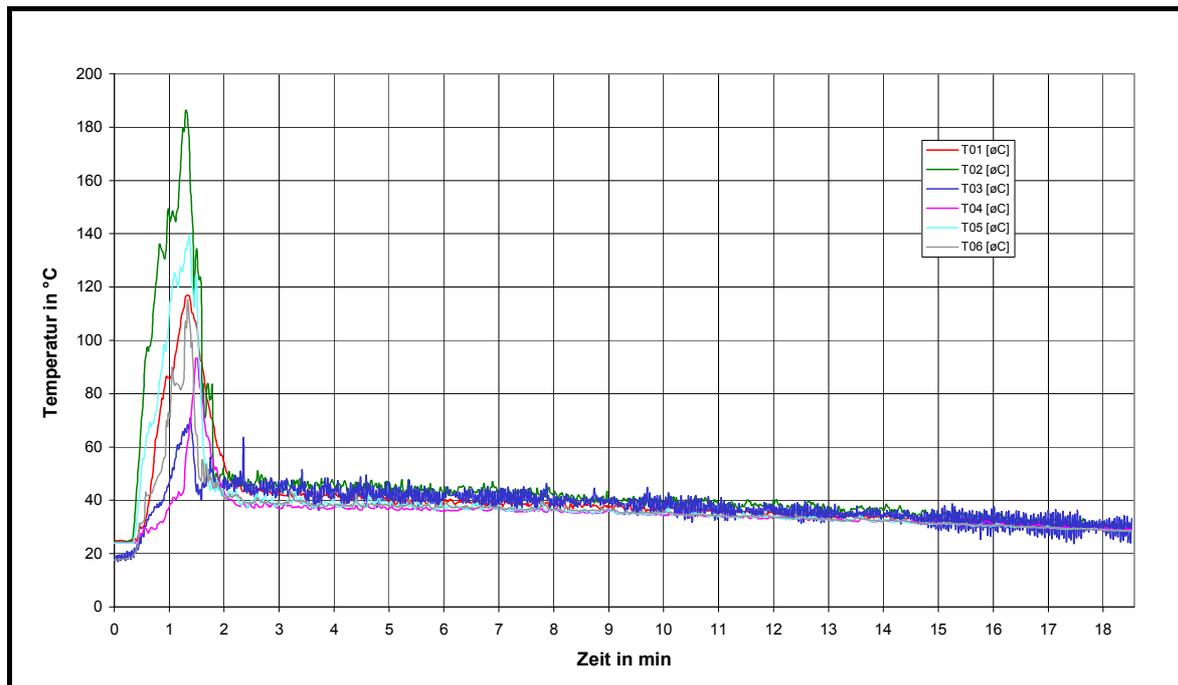
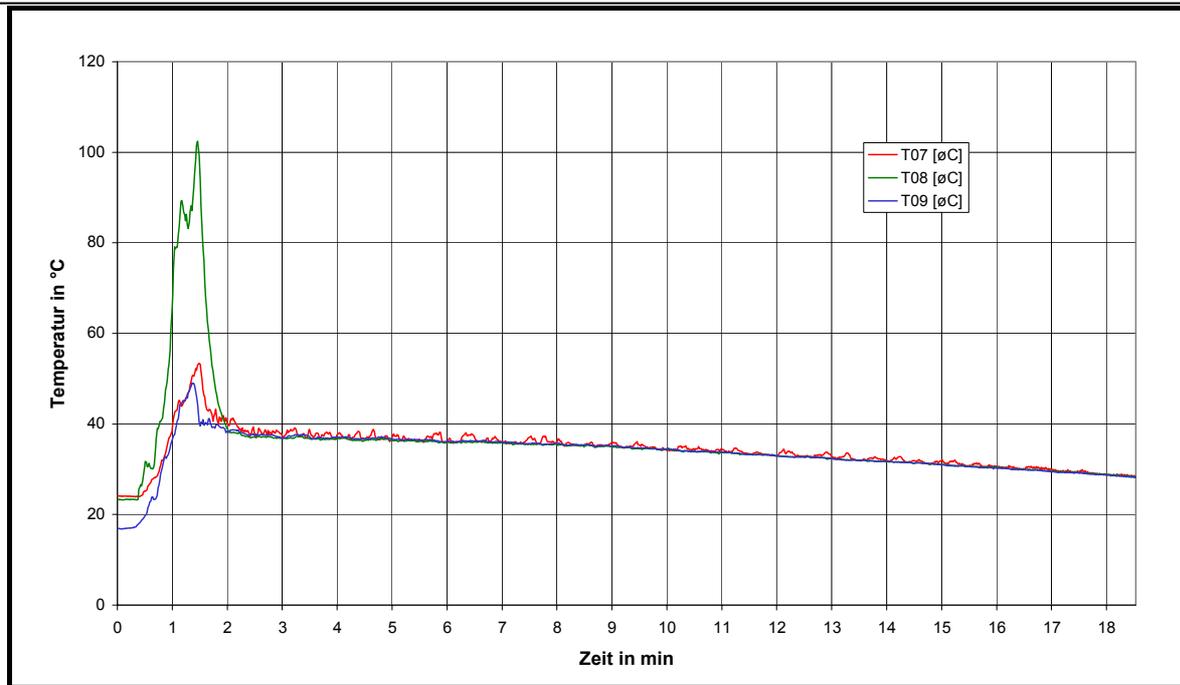
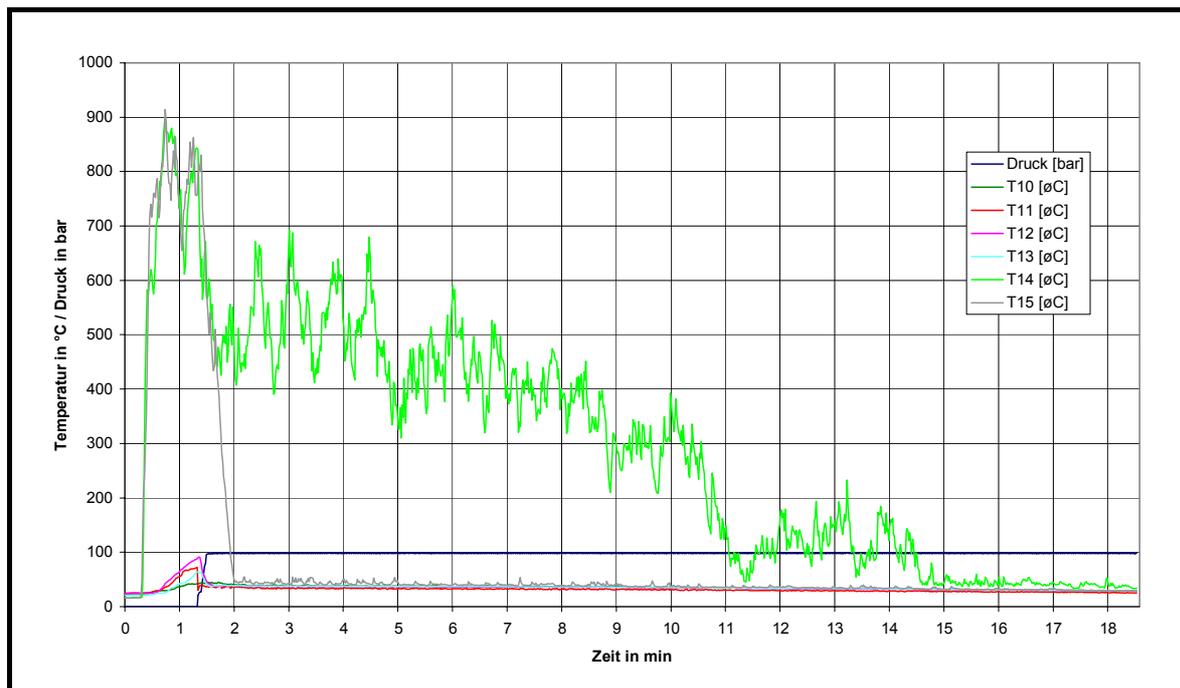


Bild B.5a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV05



**Bild B.5b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV05

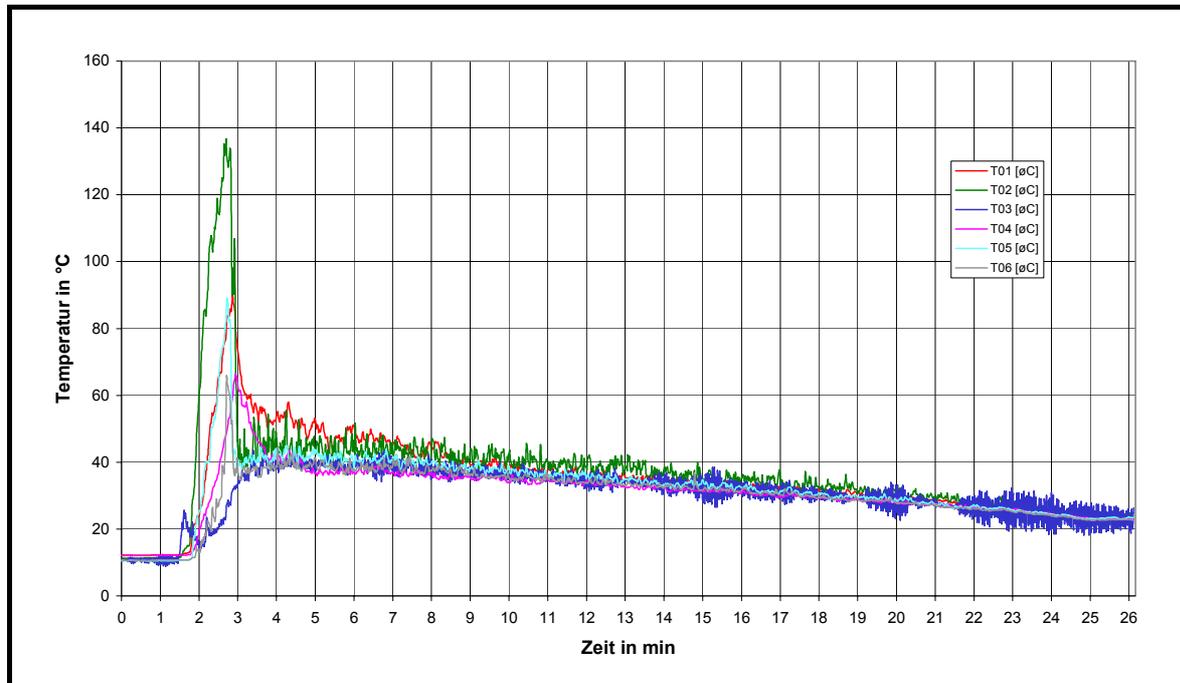


**Bild B.5c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV05

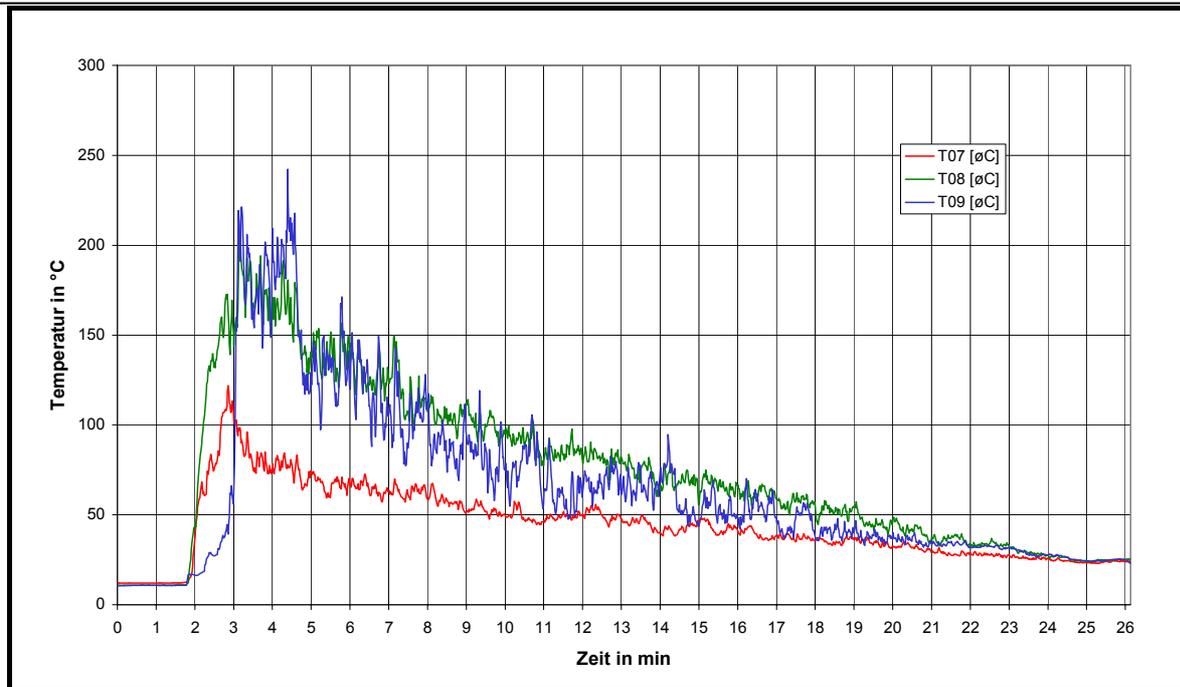
## Brandversuch BV06

**Tabelle B.6:** Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV06

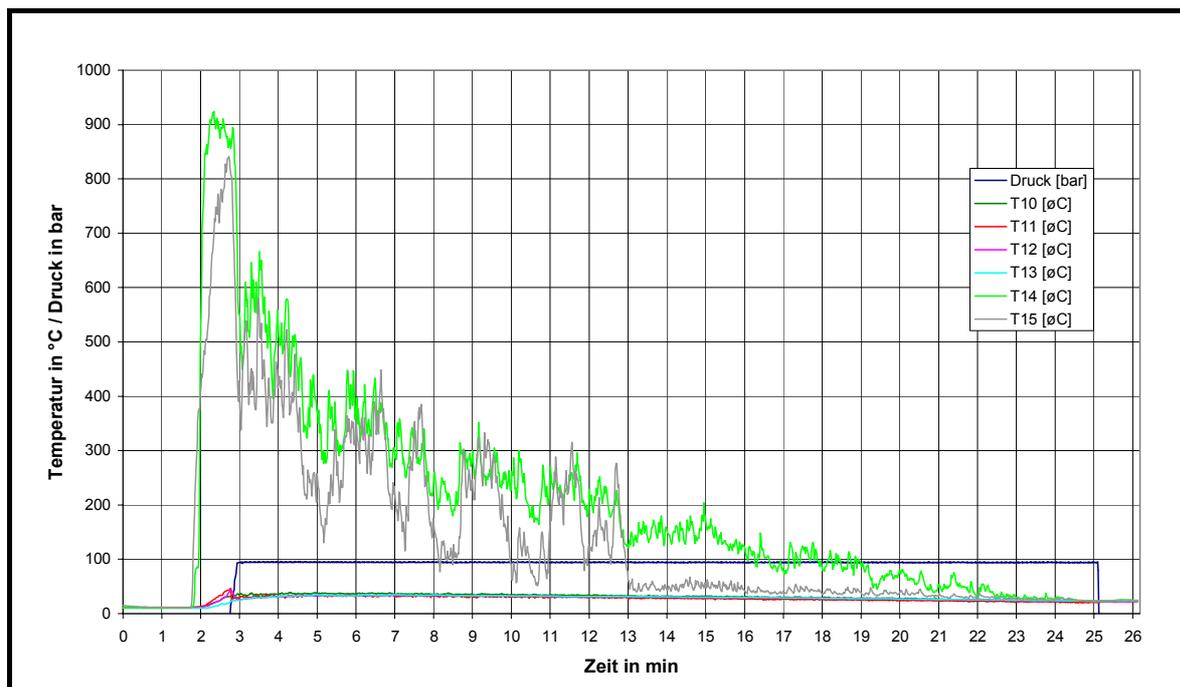
<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 10:20
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	12 °C 66 % 4 m/s W
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	101 bar 60 s 1315 s (21:55 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		



**Bild B.6a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV06



**Bild B.6b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV06



**Bild B.6c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV06

## Brandversuch BV07

Tabelle B.7: Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV07

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 11:20
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	12 °C 62 % 6 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 1180 s (19:40 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		

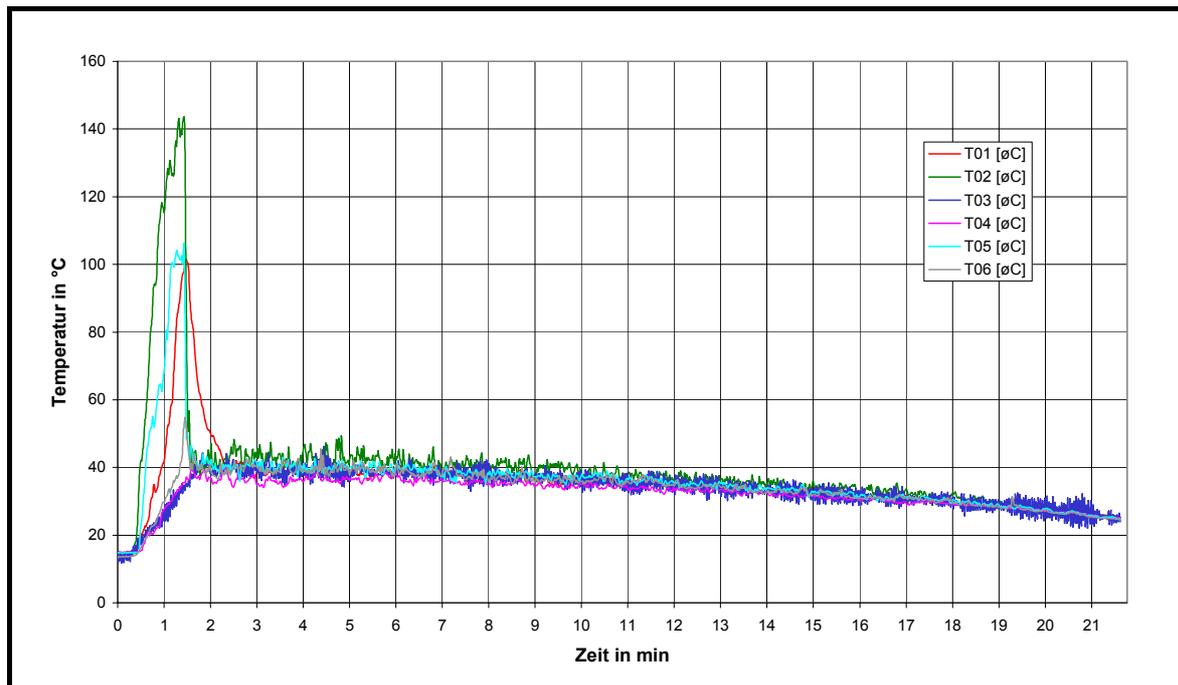
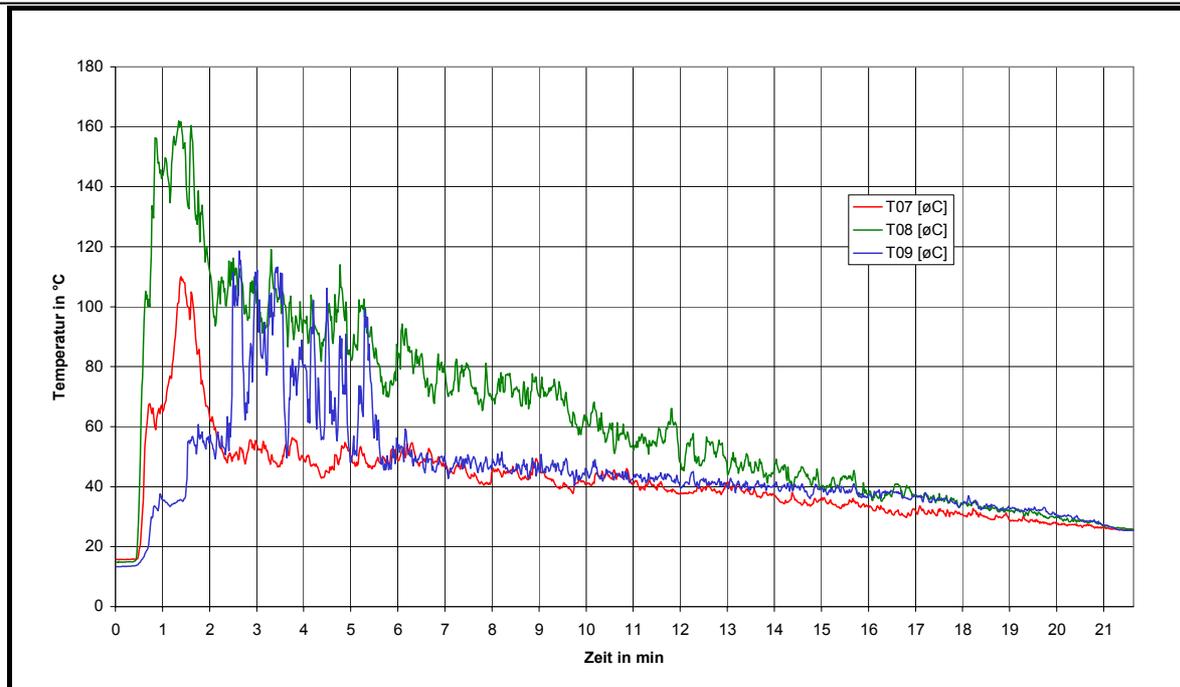
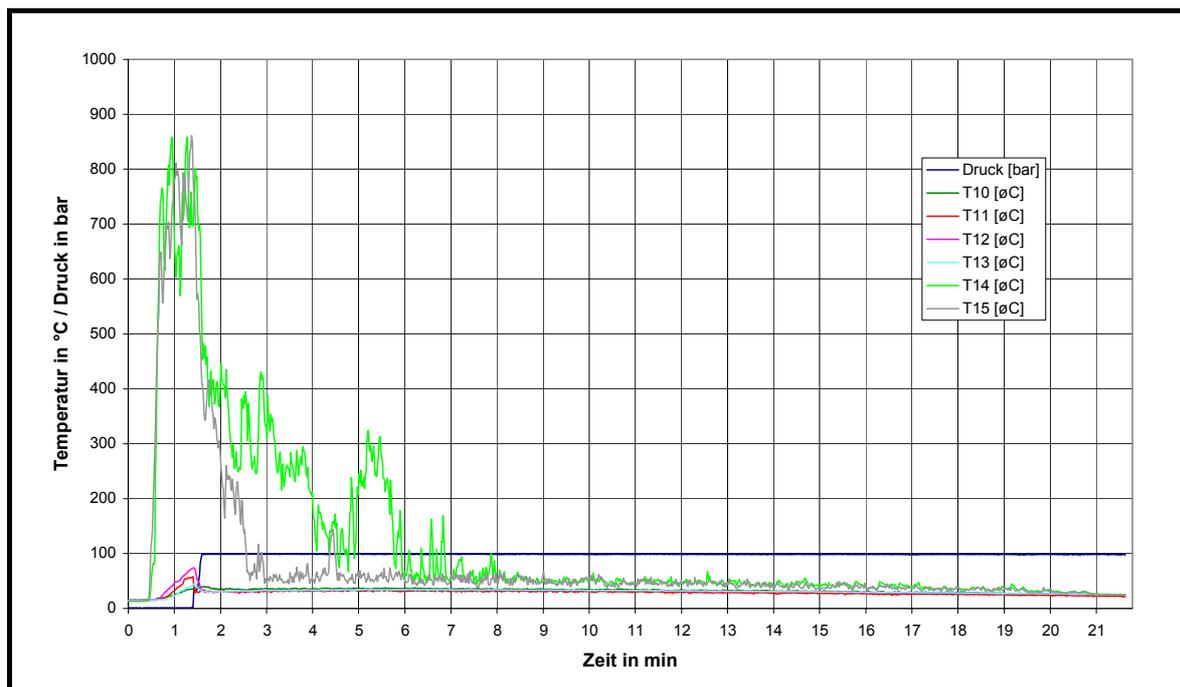


Bild B.7a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV07



**Bild B.7b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV07



**Bild B.7c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV07

## Brandversuch BV08

Tabelle B.8: Versuchsparameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV08

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 12:05
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	12 °C 62 % 6 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 15 s
<b>Bemerkungen:</b>		

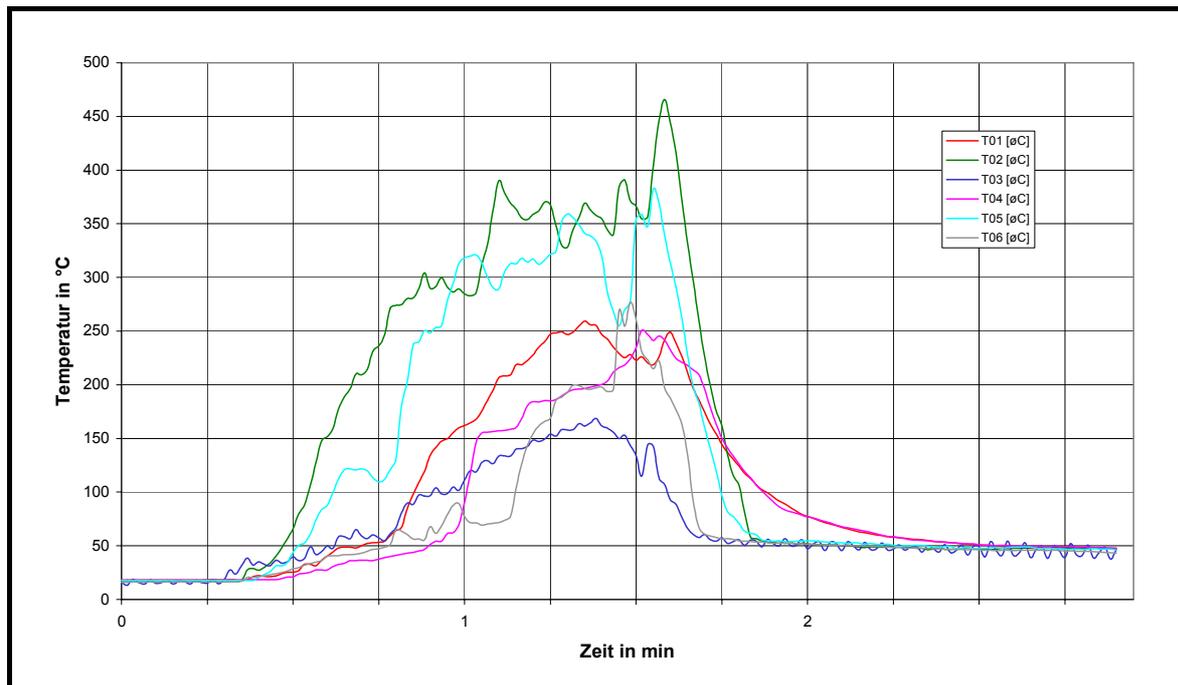
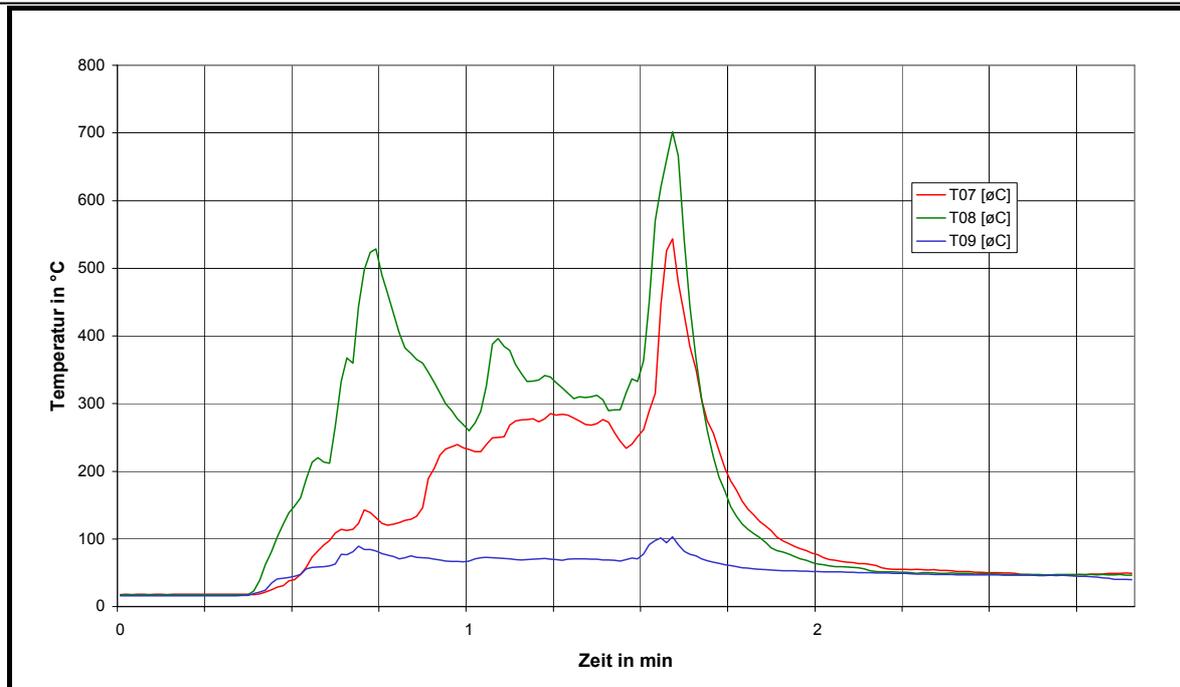
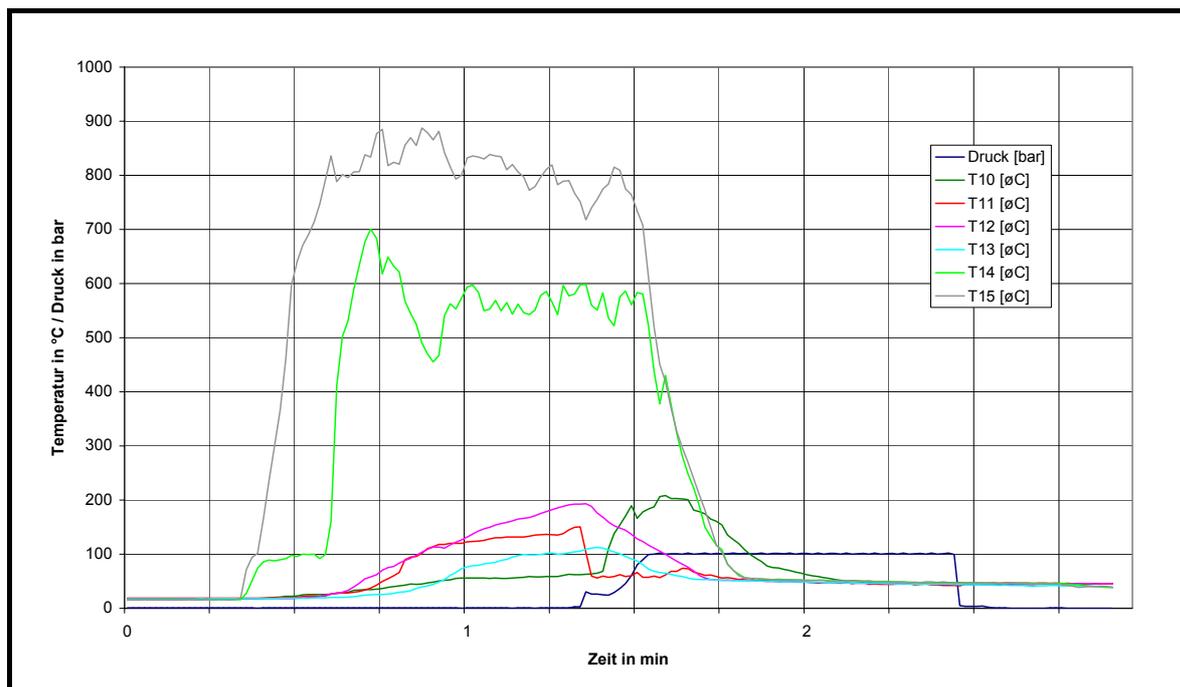


Bild B.8a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV08



**Bild B.8b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV08



**Bild B.8c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV08

## Brandversuch BV09

Tabelle B.9: Versuchsparemeter und Ergebnisse beim Brandversuch BV09

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 13:45
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	12 °C 54 % 3 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	101 bar 60 s 15 s
<b>Bemerkungen:</b>		

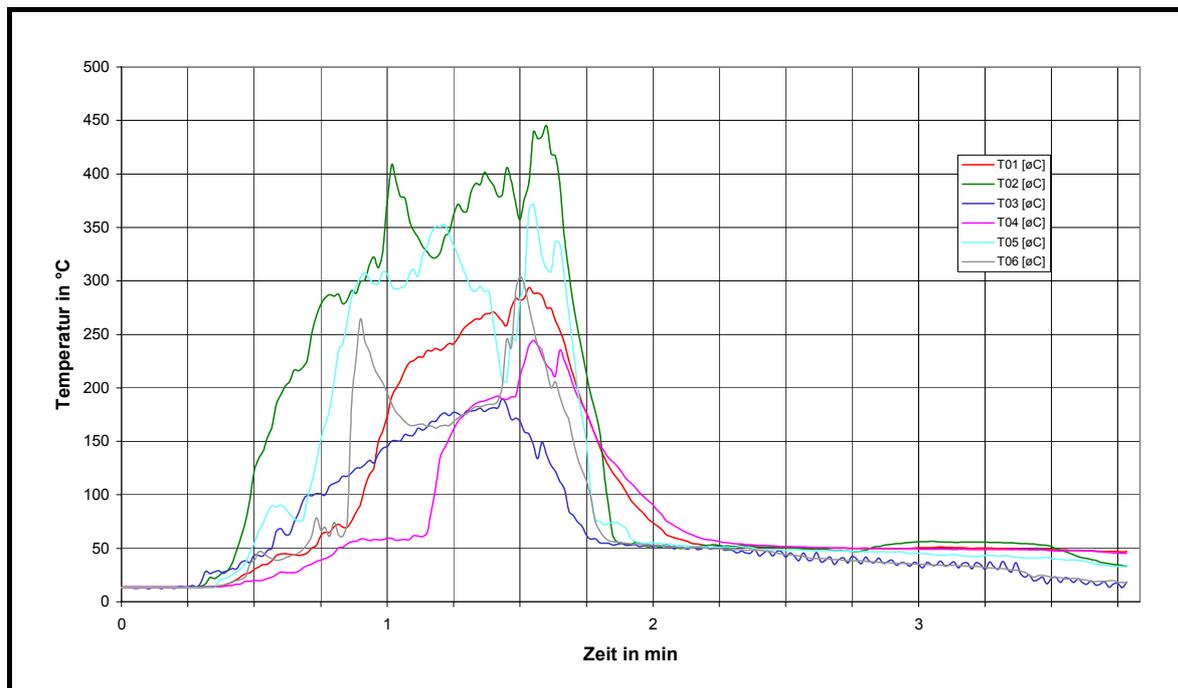
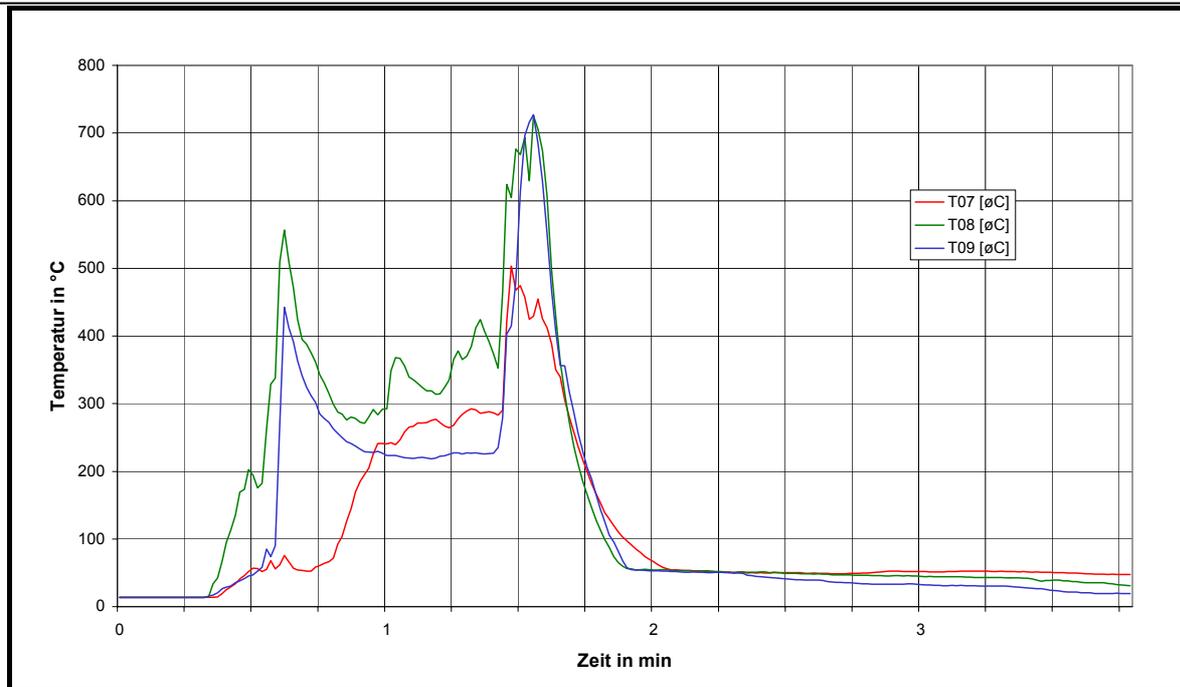
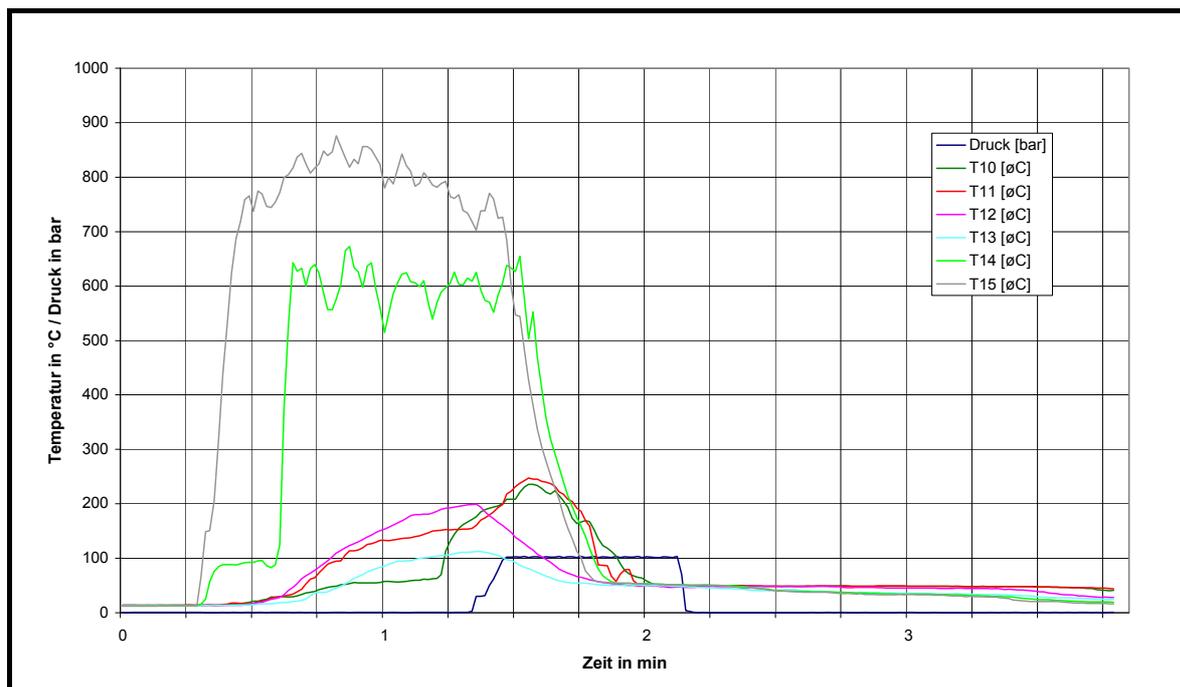


Bild B.9a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV09



**Bild B.9b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV09

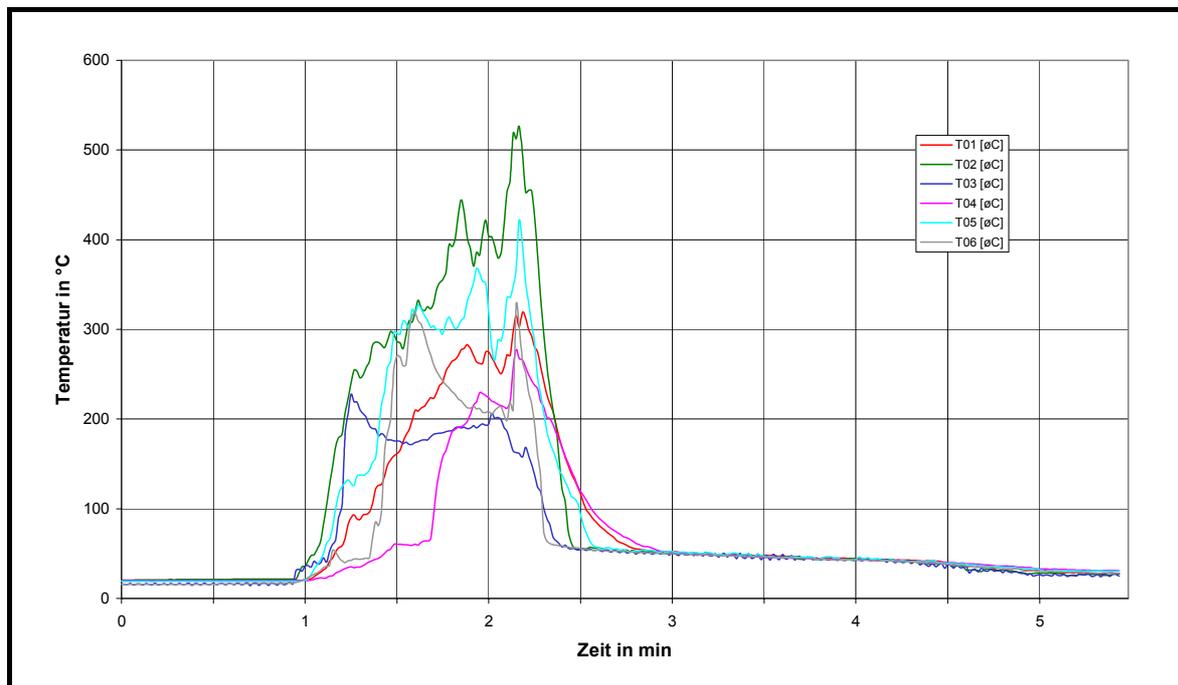


**Bild B.9c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV09

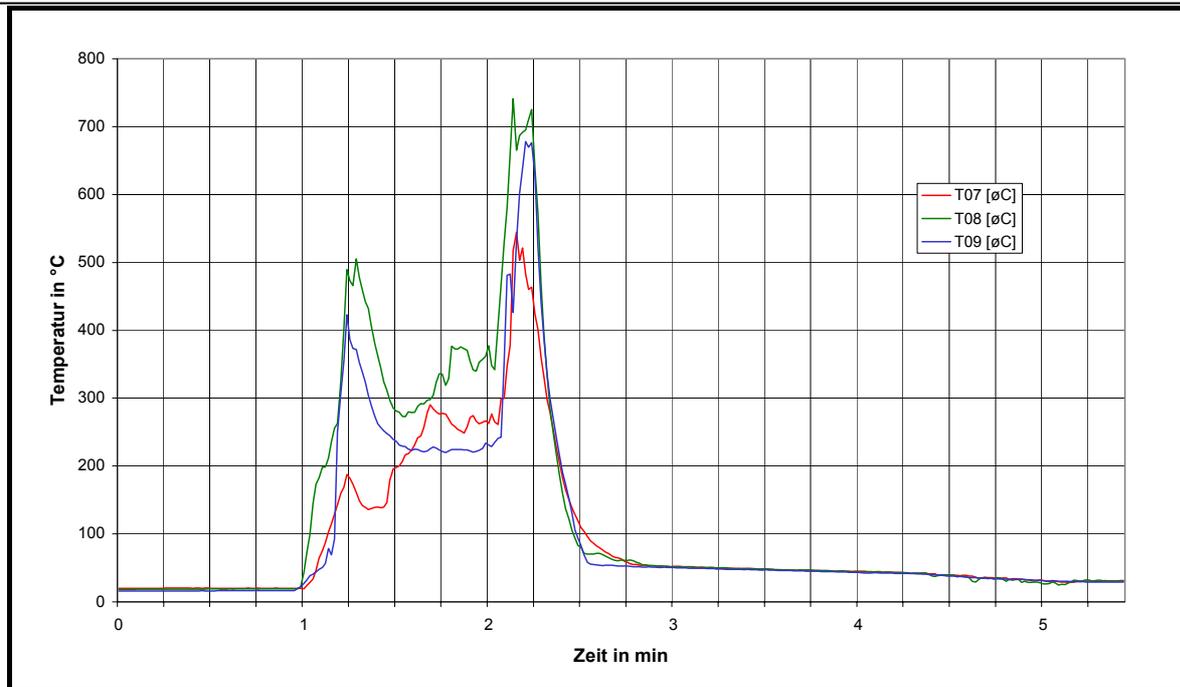
## Brandversuch BV10

**Tabelle B.10:** Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV10

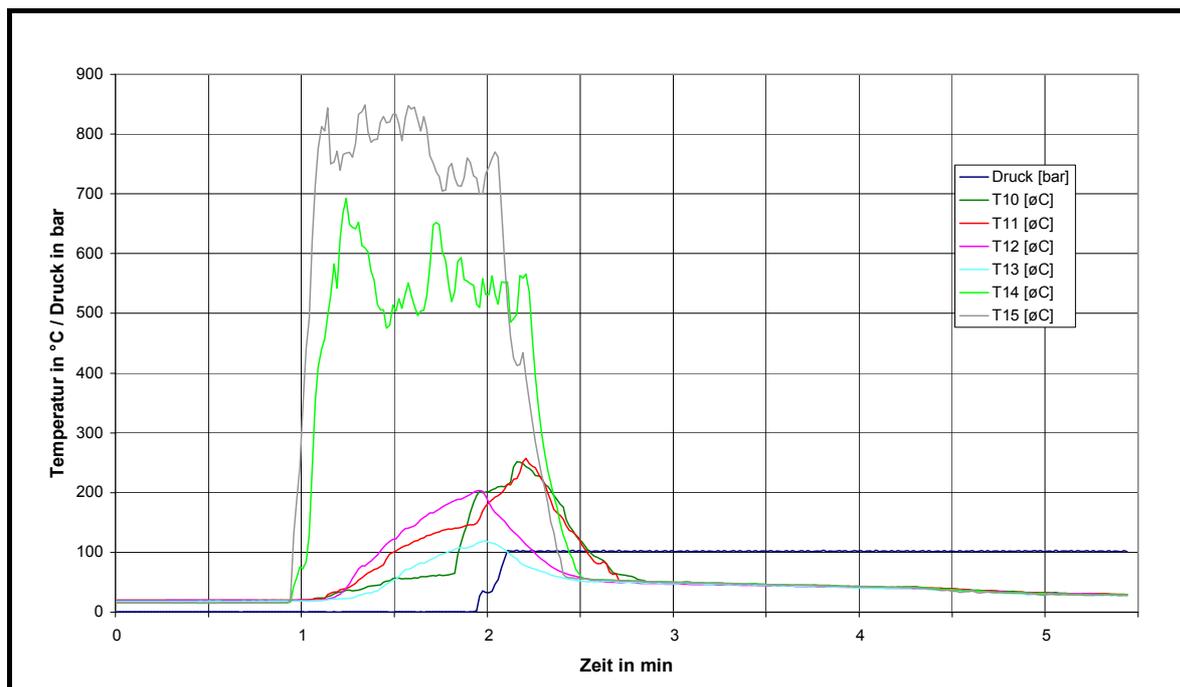
<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 14:10
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	12 °C 54 % 3 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	101 bar 60 s 15 s
<b>Bemerkungen:</b>		



**Bild B.10a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV10



**Bild B.10b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV10



**Bild B.10c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV10

## Brandversuch BV11

Tabelle B.11: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV11

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 14:30
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	13 °C 53 % 4 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	101 bar 60 s 22 s
<b>Bemerkungen:</b>		

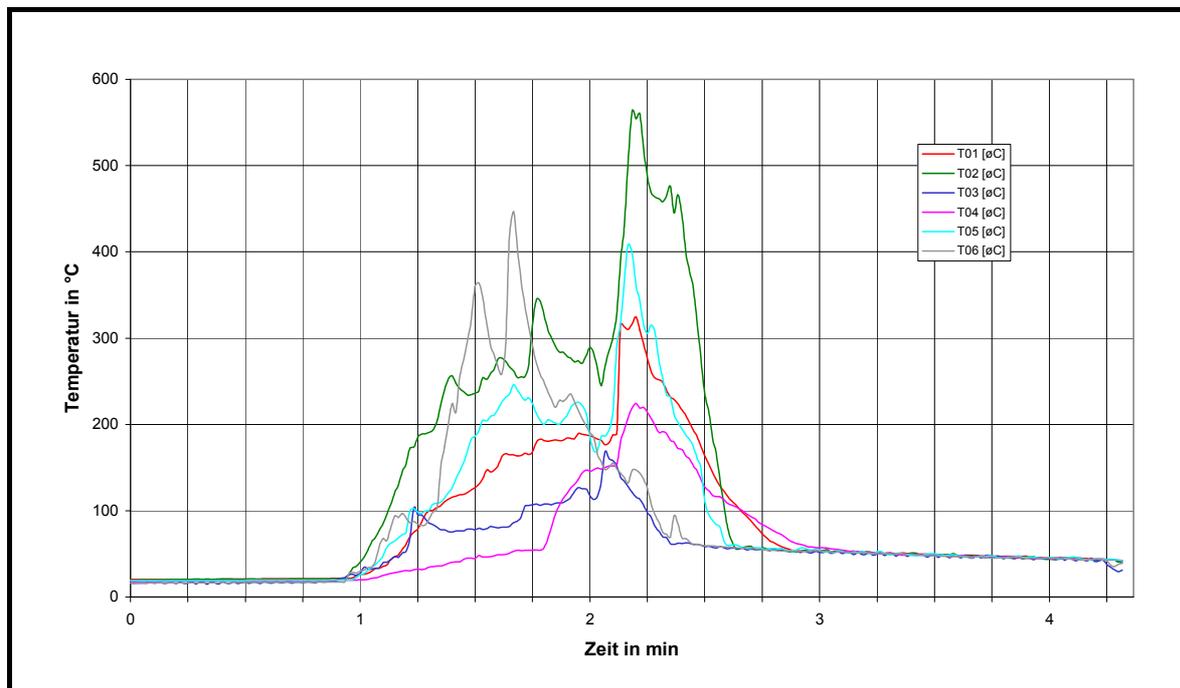
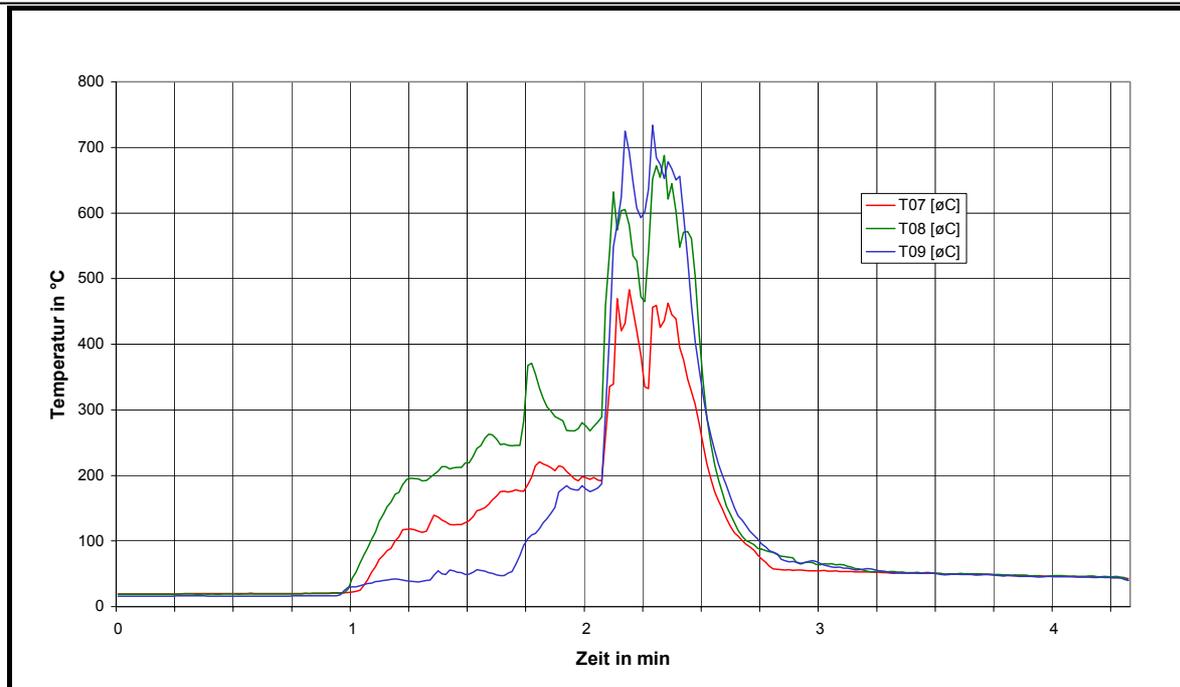
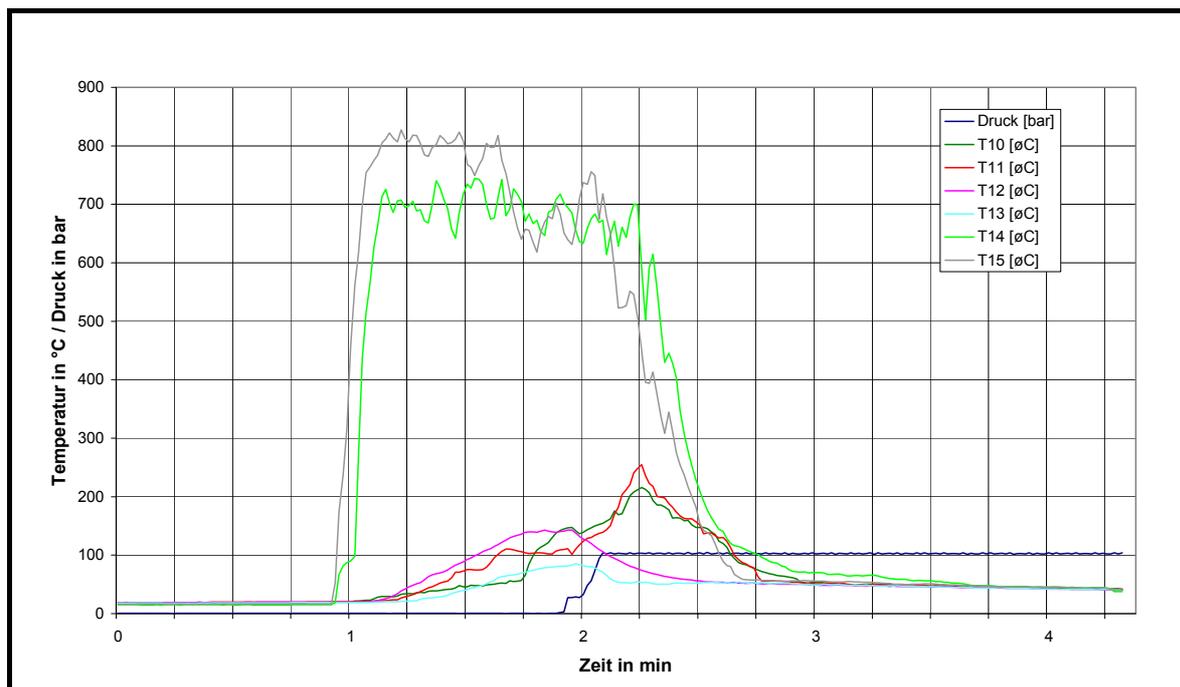


Bild B.11a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV11



**Bild B.11b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV11



**Bild B.11c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV11

## Brandversuch BV12

Tabelle B.12: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV12

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 14:45
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	13 °C 53 % 4 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 20 s
<b>Bemerkungen:</b>		

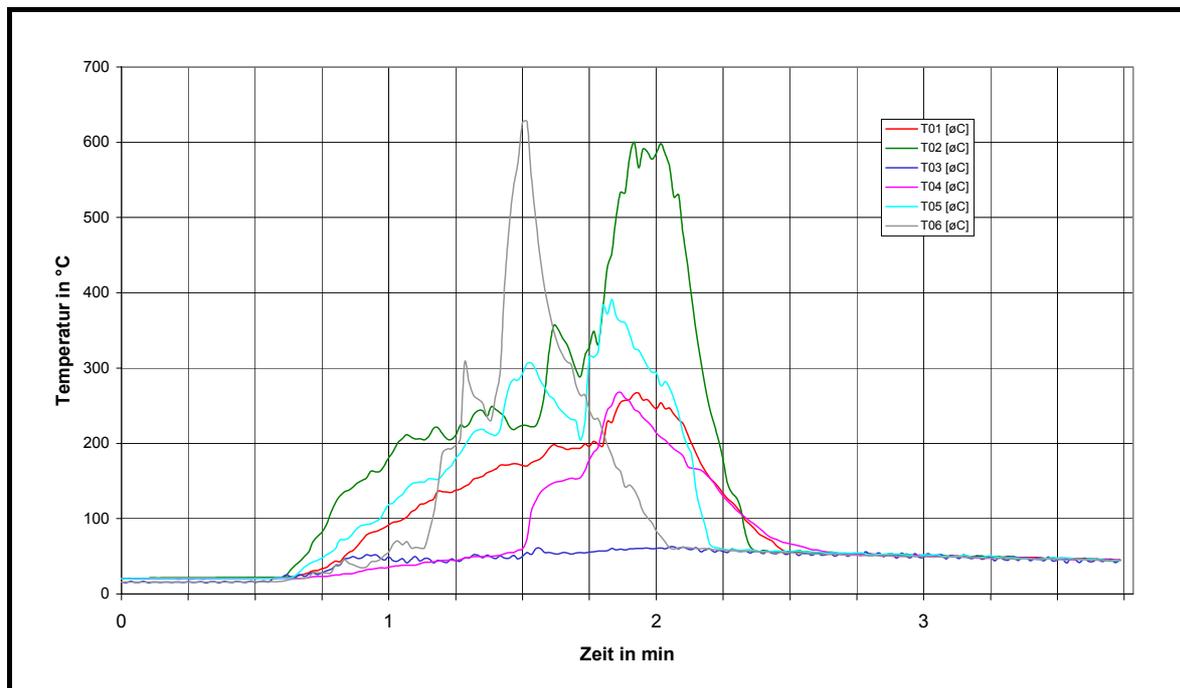
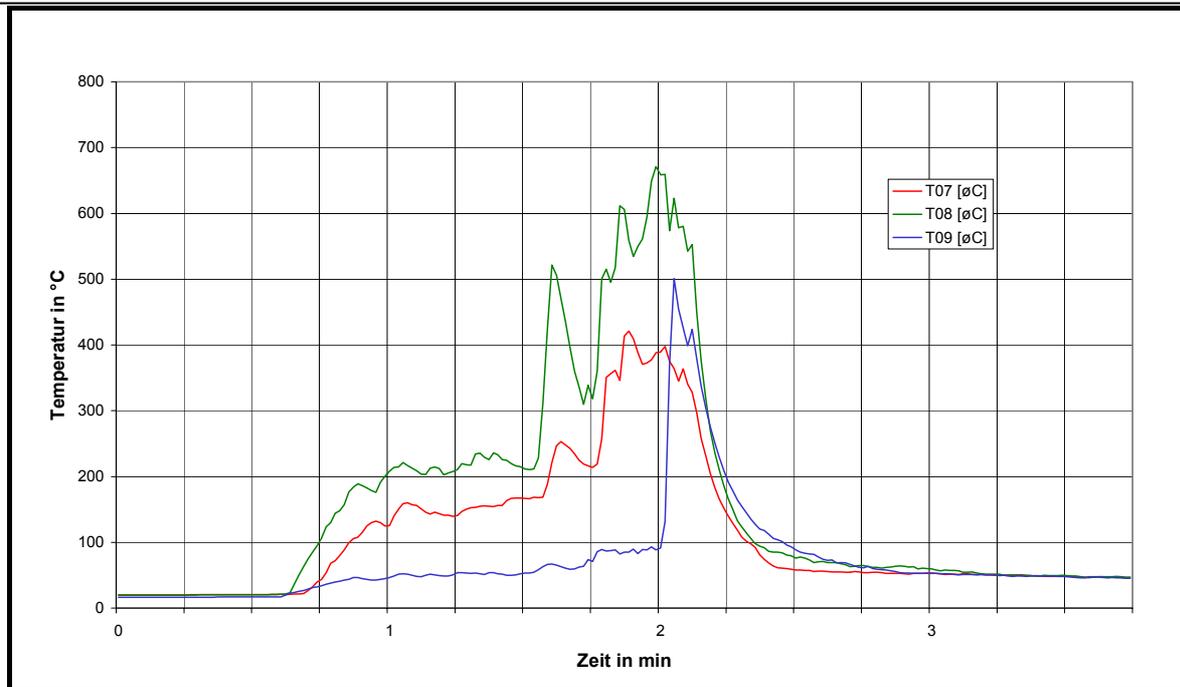
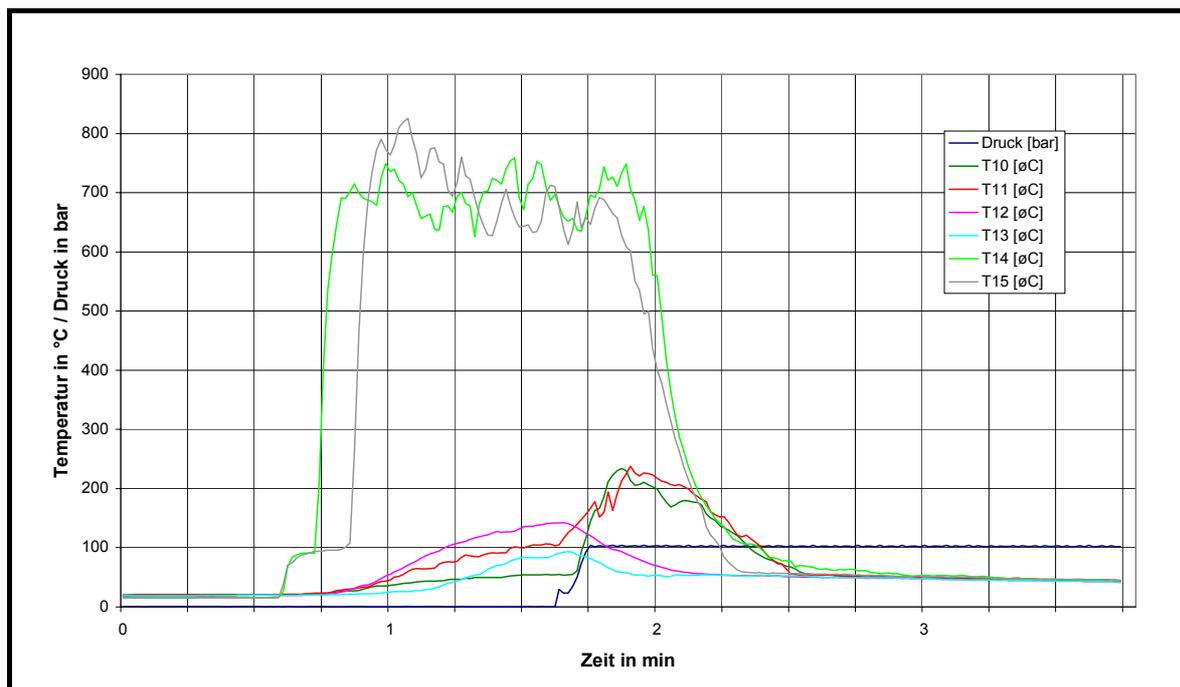


Bild B.12a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV12



**Bild B.12b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV12

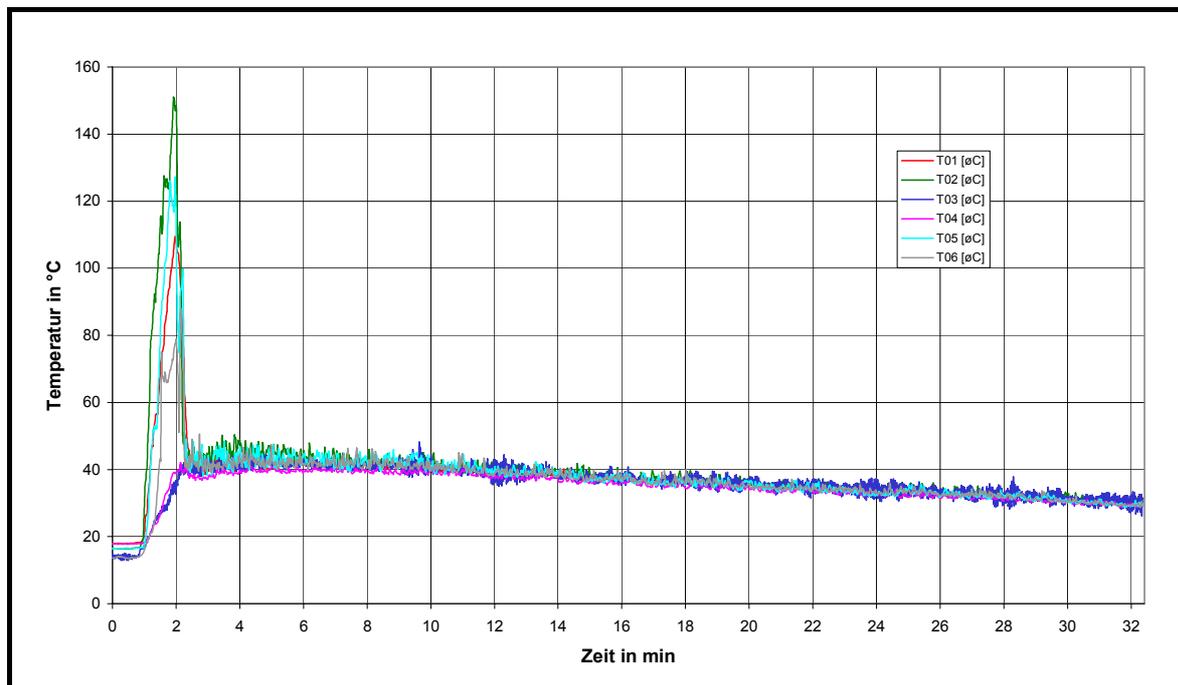


**Bild B.12c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV12

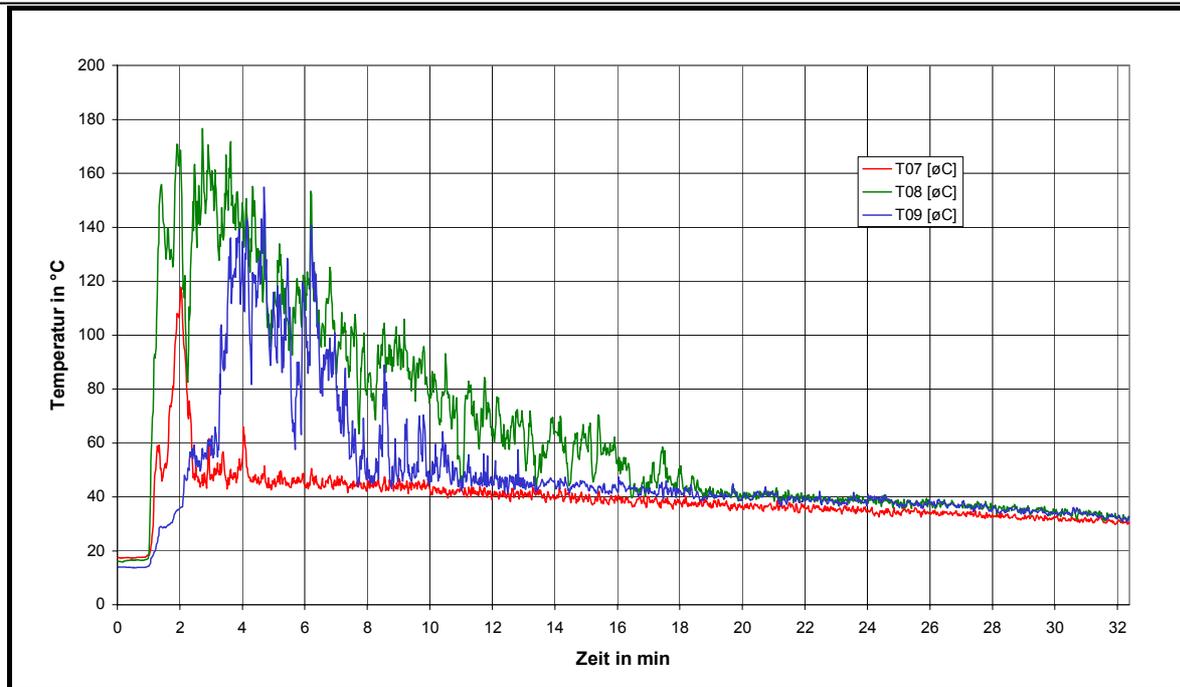
## Brandversuch BV13

**Tabelle B.13:** Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV13

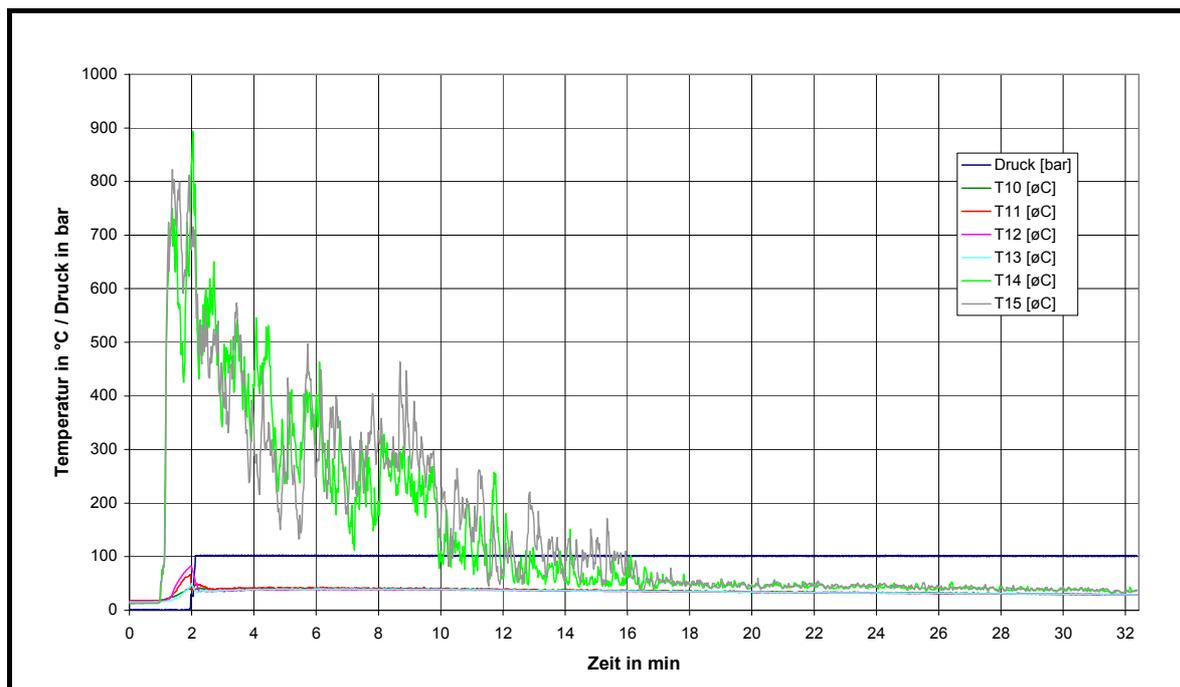
<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 15:40
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	10 °C 58 % 1.3 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 2010 s (33:30 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		



**Bild B.13a:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV13



**Bild B.13b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV13



**Bild B.13c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV13

## Brandversuch BV14

Tabelle B.14: Versuchsparemeter und Ergebnisse beim Brandversuch BV14

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	03.11.1999 16:40
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	10 °C 58 % 1.3 m/s WNW
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 2450 s (40:50 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		

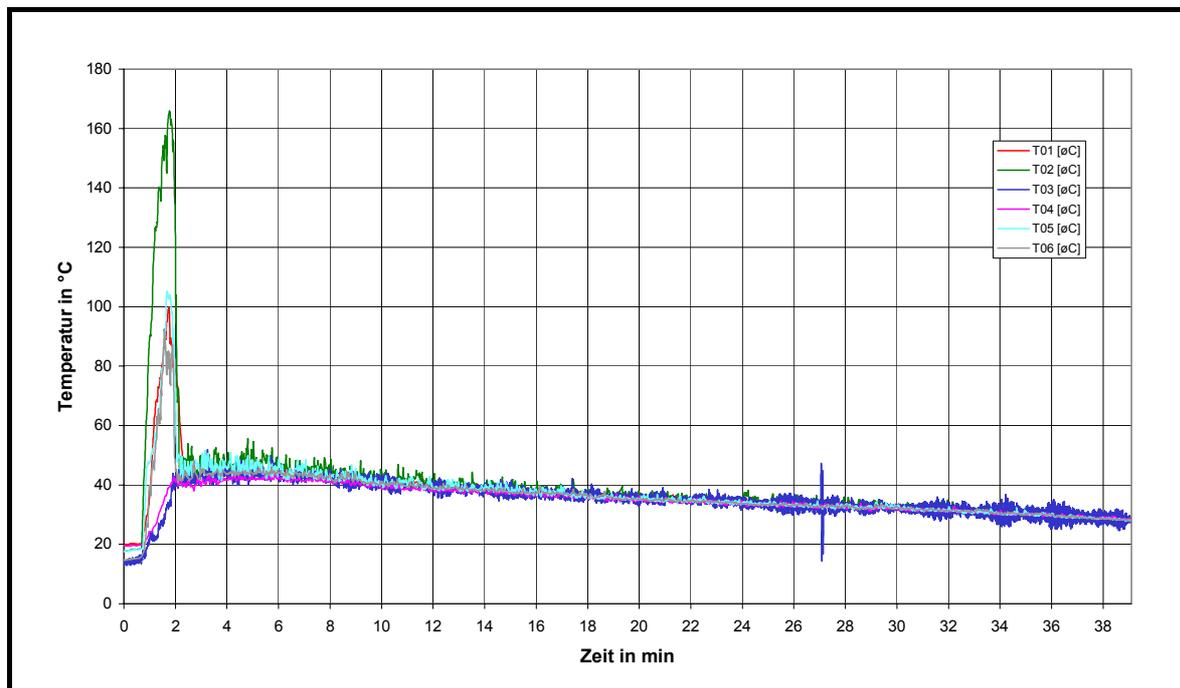
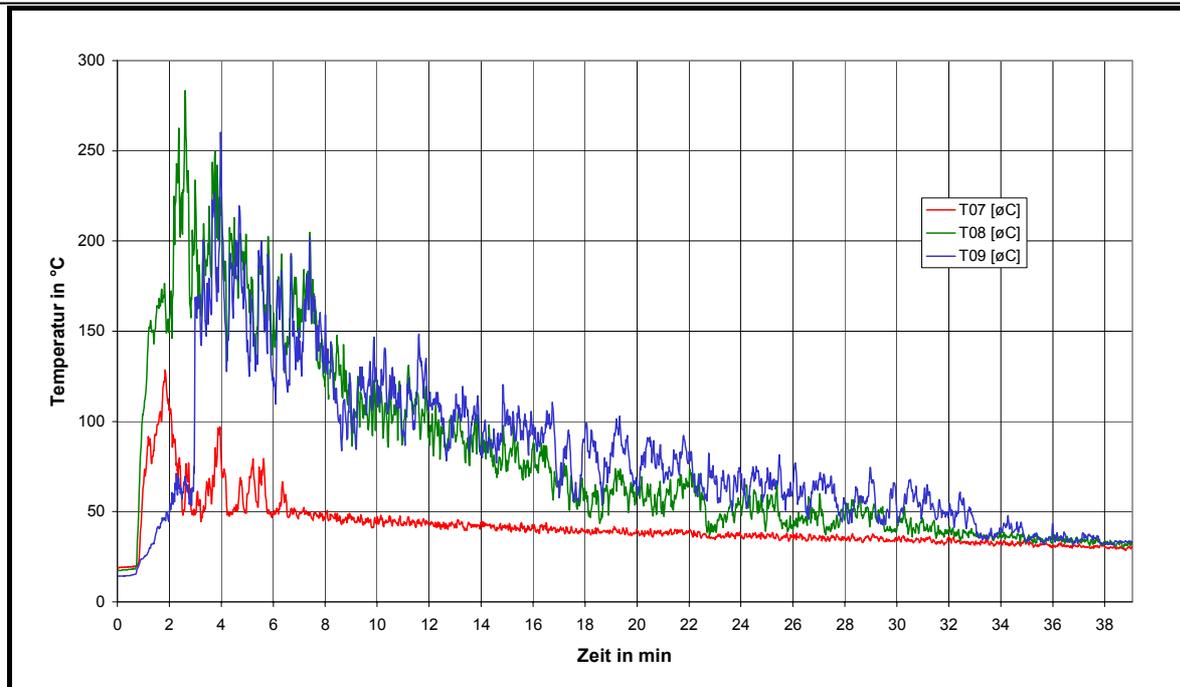
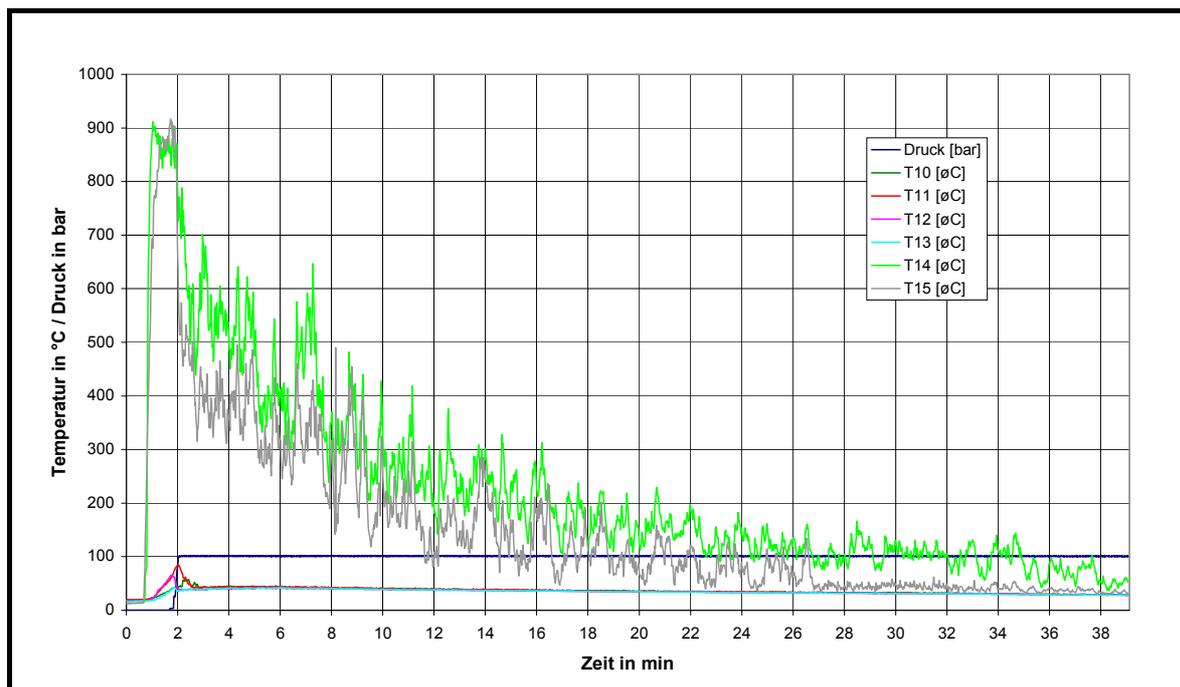


Bild B.14a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV14



**Bild B.14b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV14

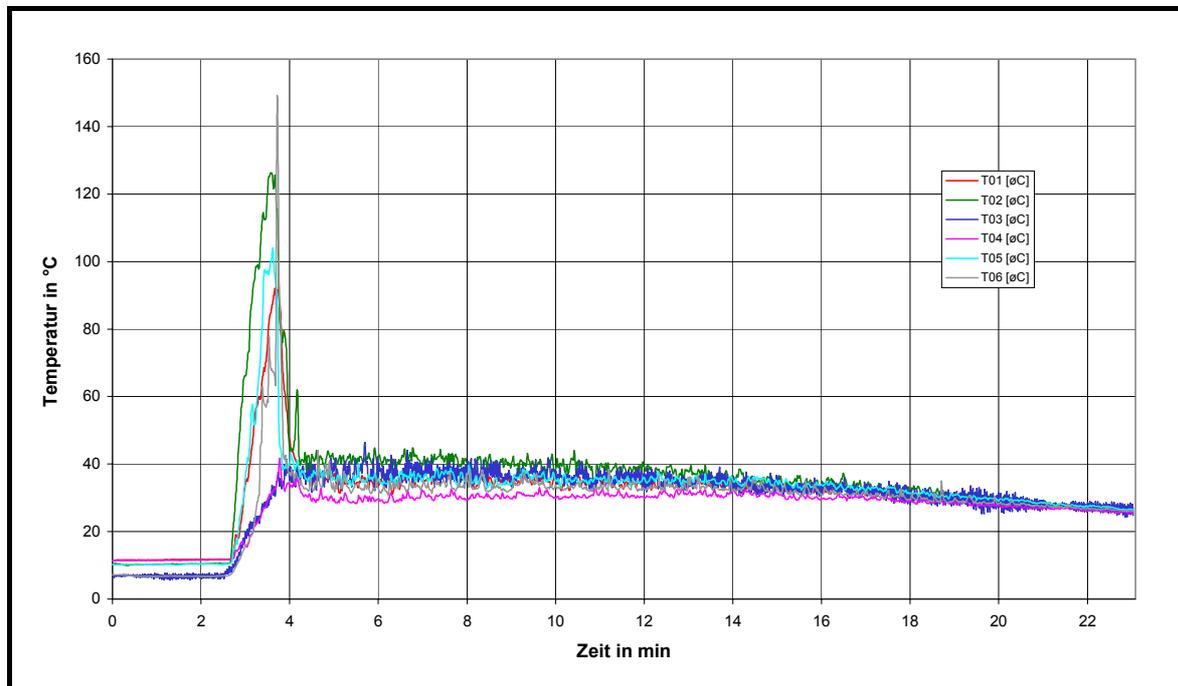


**Bild B.14c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV14

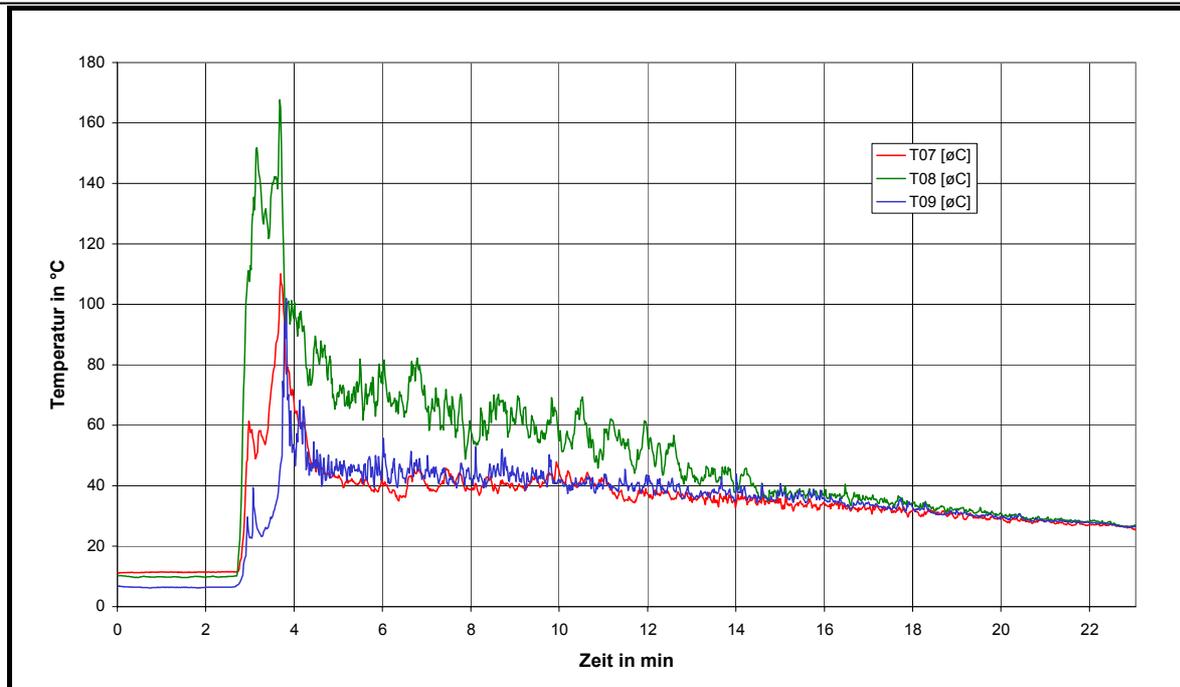
## Brandversuch BV15

**Tabelle B.15:** Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV15

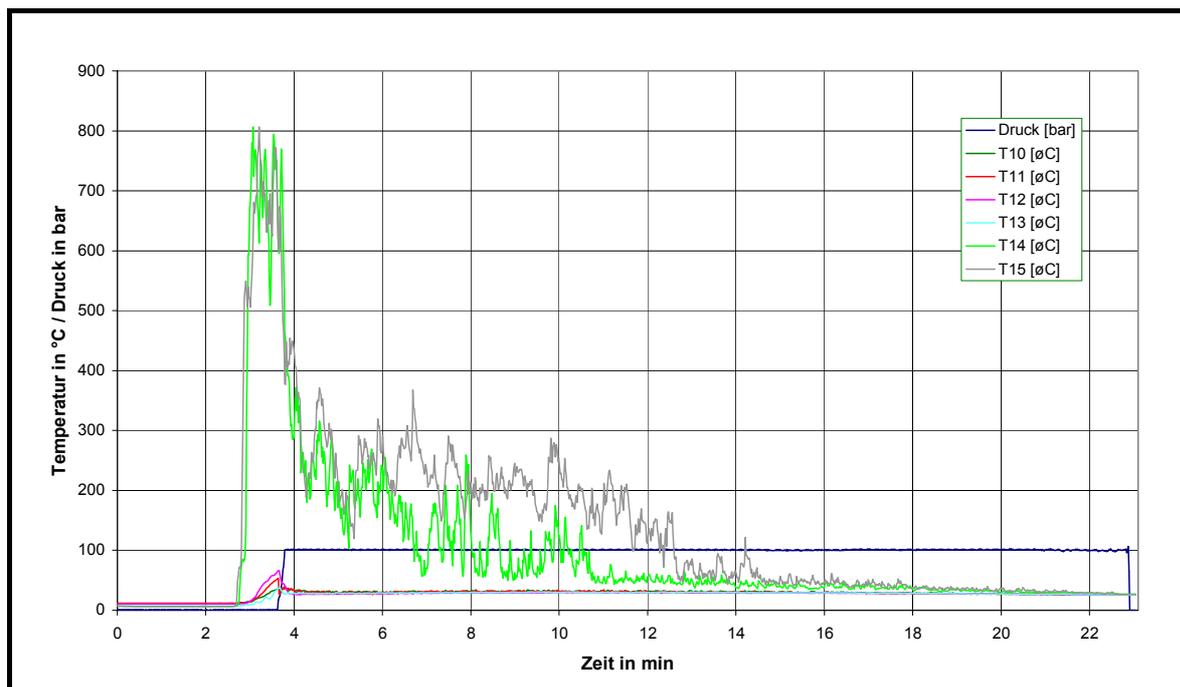
<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	04.11.1999 10:00
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XA_A
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	6 °C 84 % windstill -
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 1130 s (18:50 min)
<b>Bemerkungen:</b> Bei diesem Versuch wurde 3% AFFF dem Löschwasser zugemischt.		



**Bild B.15a:** Temperaturkurven für die Messstellen  $T_{01}$  bis  $T_{06}$  für den Brandversuch BV15



**Bild B.15b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV15



**Bild B.15c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV15

## Brandversuch BV16

Tabelle B.16: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV16

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	04.11.1999 11:30
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, nicht verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	8 °C 82 % 0.9 m/s -
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	103 bar 60 s 1660 s (27:40 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		

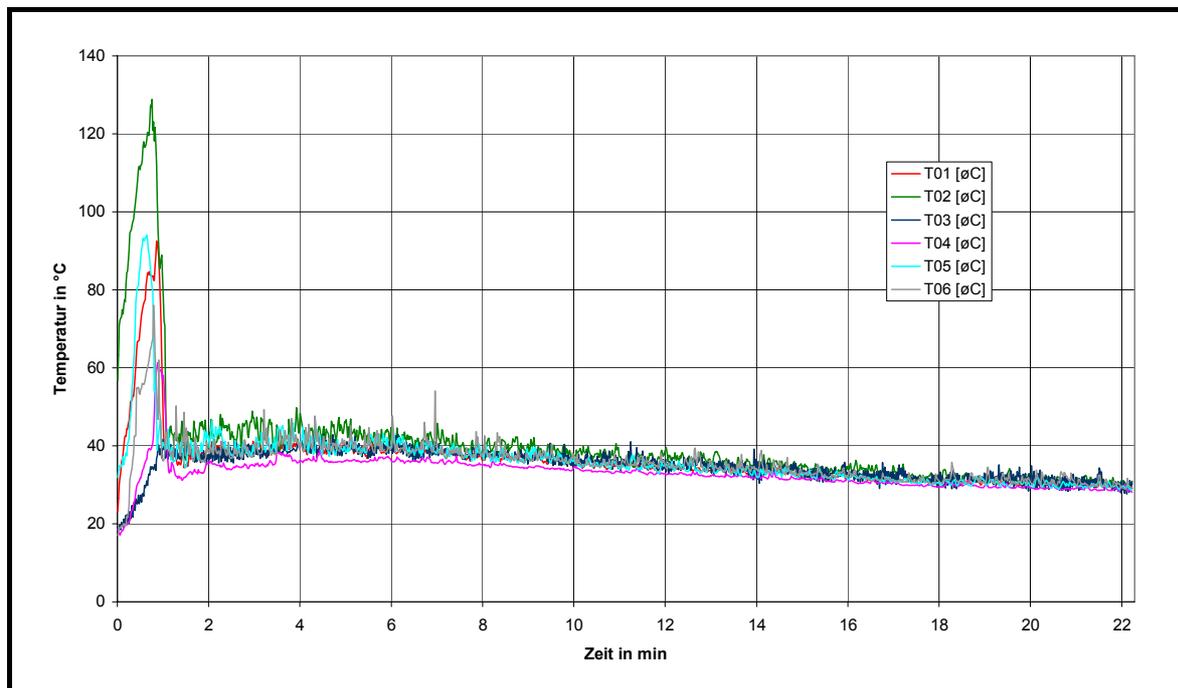
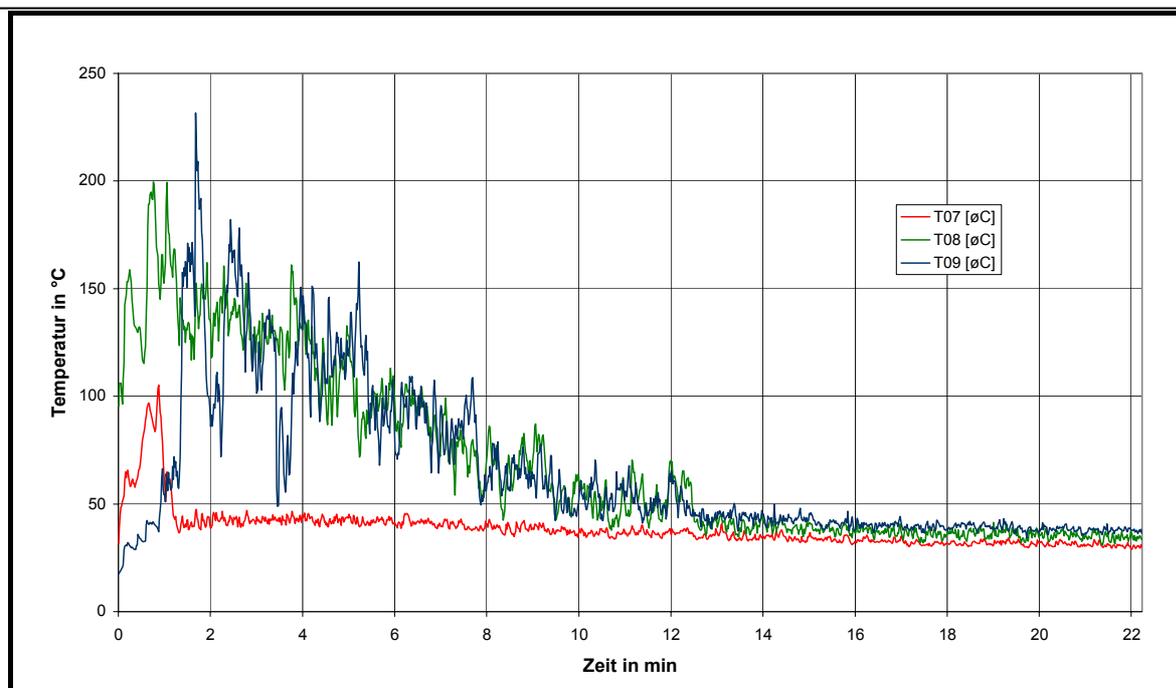
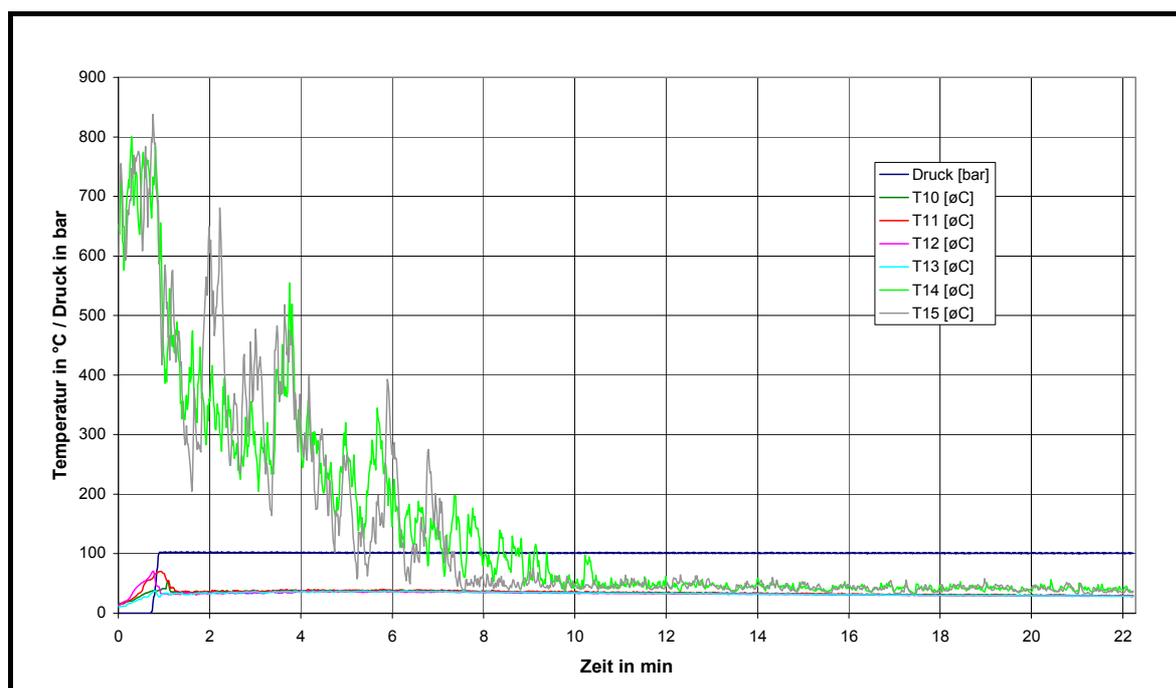


Bild B.16a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV16



**Bild B.16b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV16



**Bild B.16c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV16

## Brandversuch BV17

Tabelle B.17: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV17

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	04.11.1999 13:00
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Brennspritus Brandwanne 34 B, teilweise verdeckt Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	10 °C 75 % 1.5 m/s O
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 2245 s (37:25 min)
<b>Bemerkungen:</b> Eine Rückzündung mit Fackel war möglich.		

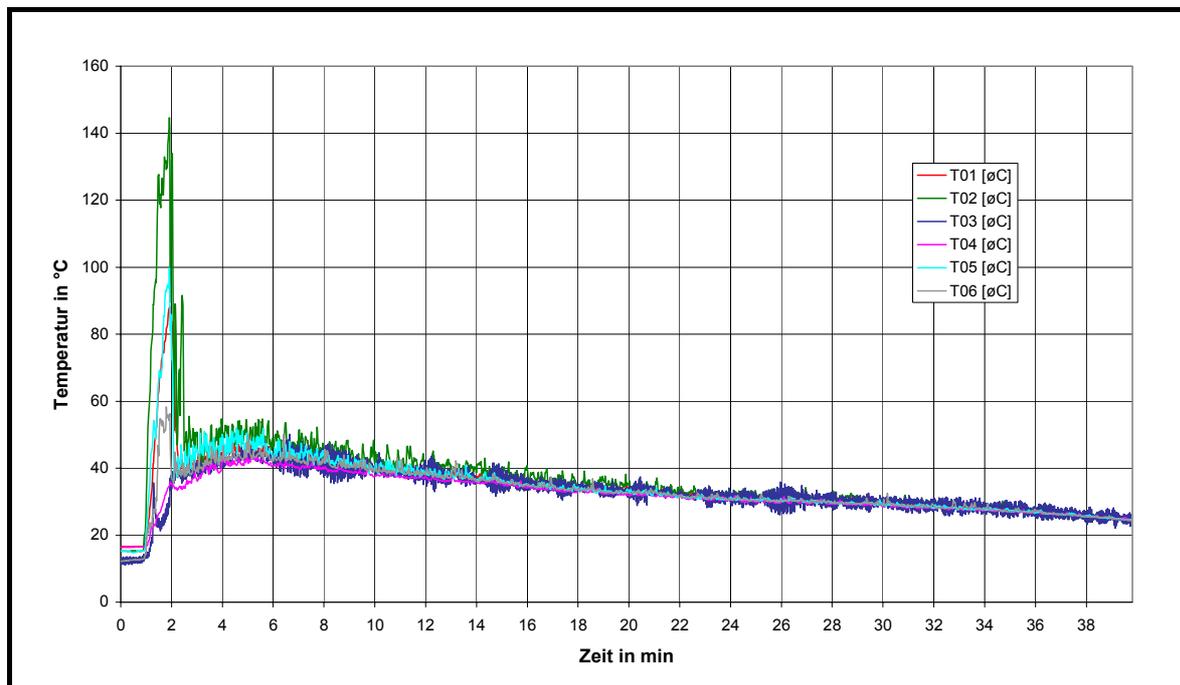
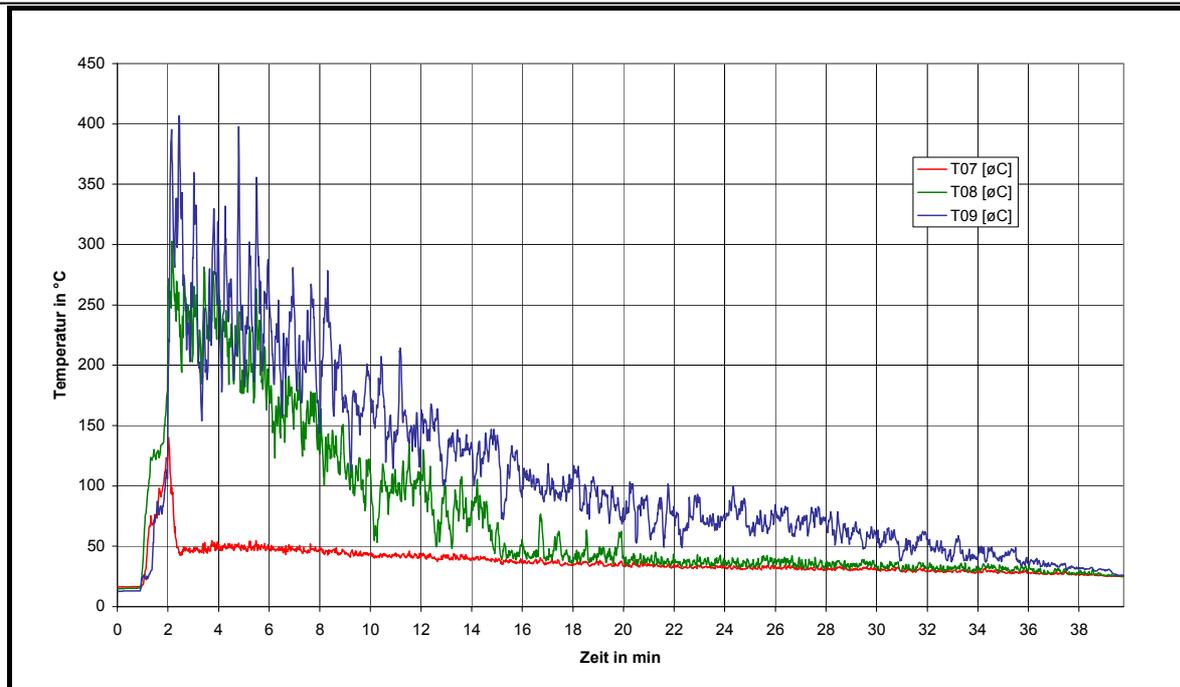
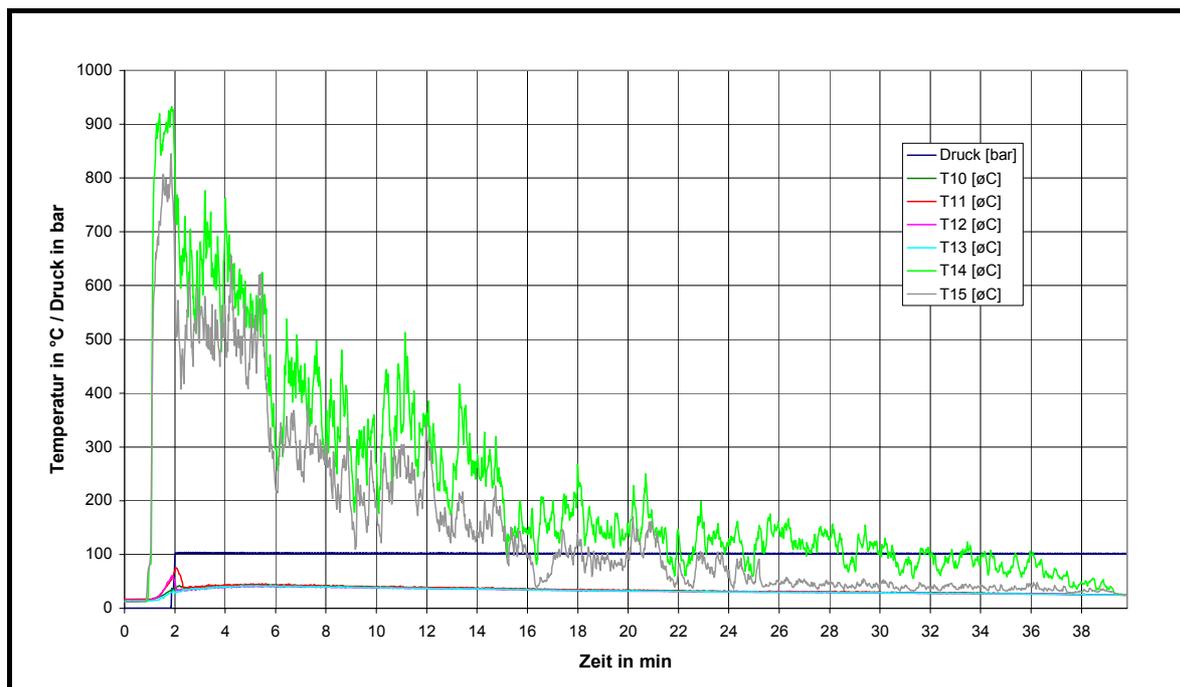


Bild B.17a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV17



**Bild B.17b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV17



**Bild B.17c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV17

## Brandversuch BV18

Tabelle B.18: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV18

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	04.11.1999 14:15
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 13 B, vollständig verd. Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	14 °C 59 % 1.3 m/s O
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 360 s (6:00 min)
<b>Bemerkungen:</b>		

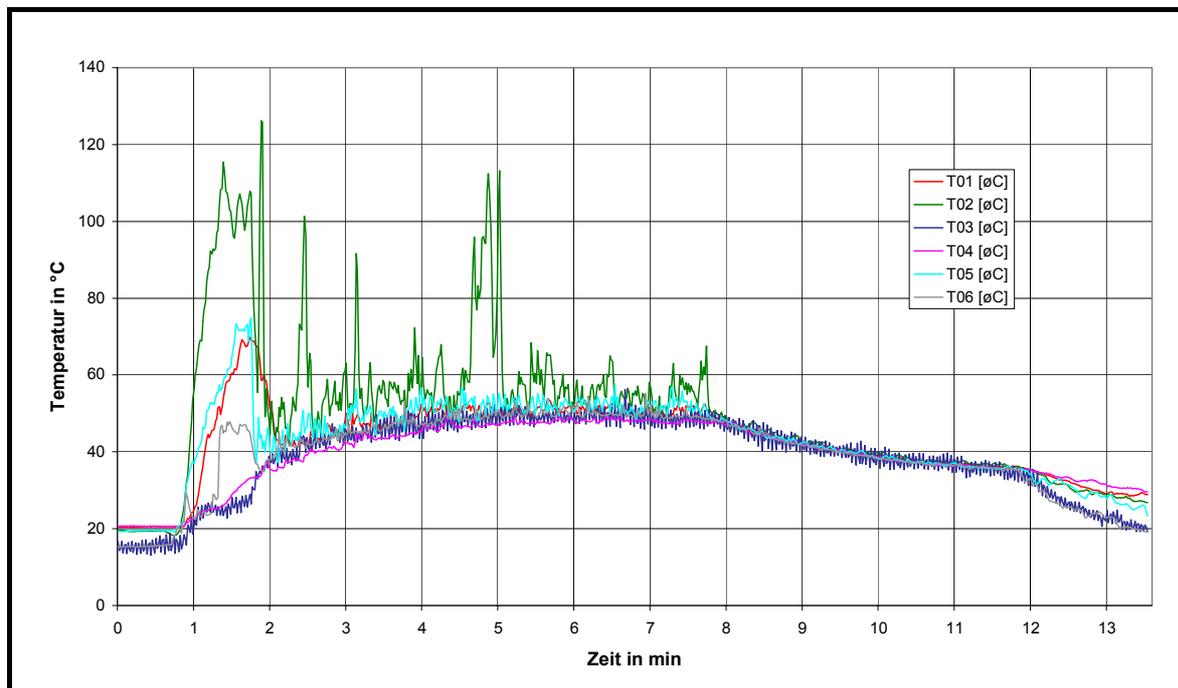
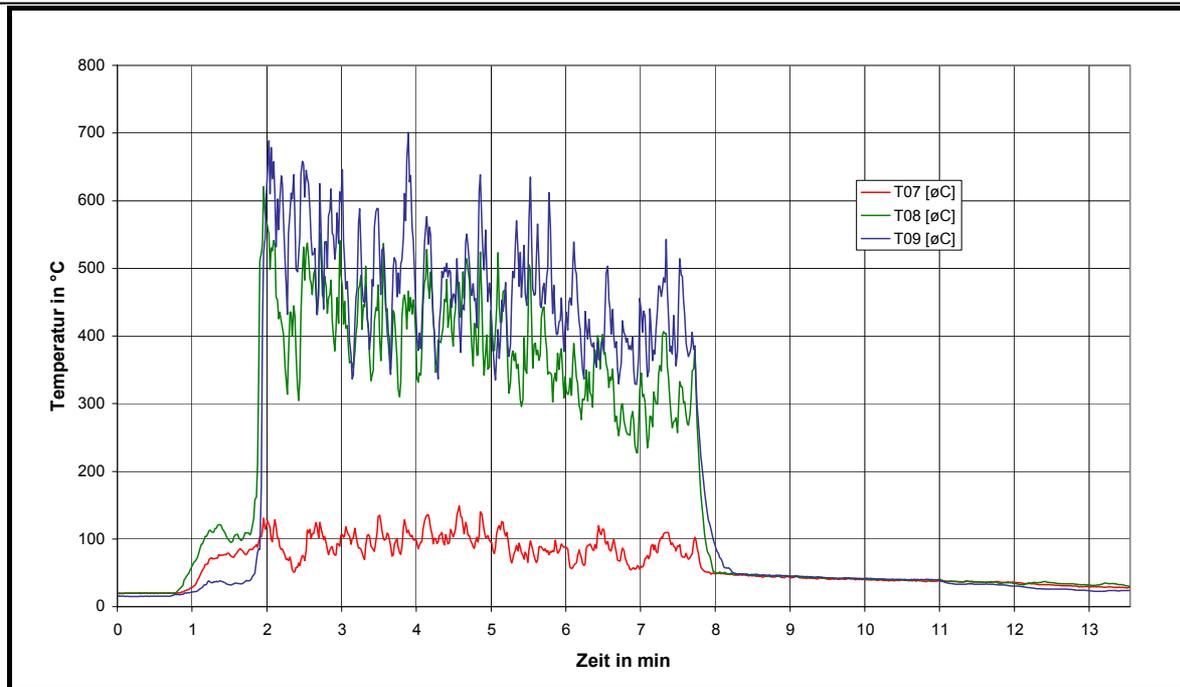
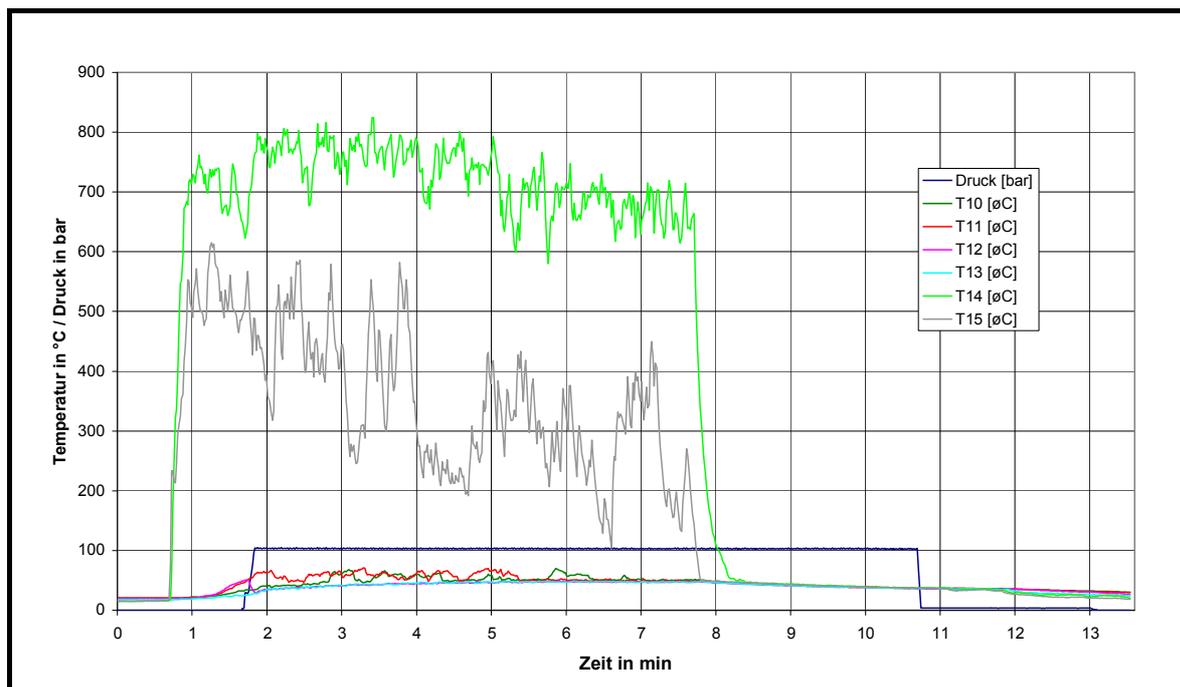


Bild B.18a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV18



**Bild B.18b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV18



**Bild B.18c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV18

## Brandversuch BV19

Tabelle B.19: Versuchsp Parameter und Ergebnisse beim Brandversuch BV19

<b>Versuchszeit</b>	Datum: Uhrzeit:	04.11.1999 14:15
<b>Versuchsaufbau</b>	Brennstoff: Brandobjekt: Temperaturmessstellen: Löschanlage:	20 / Waschbenzin Brandwanne 13 B, vollständig verd. Variante 2 (Bild A3.4) 4 Düsen vom Typ DK7_XB_B
<b>Wetterdaten</b>	Temperatur: Luftfeuchtigkeit: Windgeschwindigkeit: Windrichtung:	14 °C 59 % 1.3 m/s O
<b>Versuchsablauf</b>	Druck an Löschanlage: Löschanlage ein: Feuer aus:	102 bar 60 s 310 s (5:10 min)
<b>Bemerkungen:</b>		

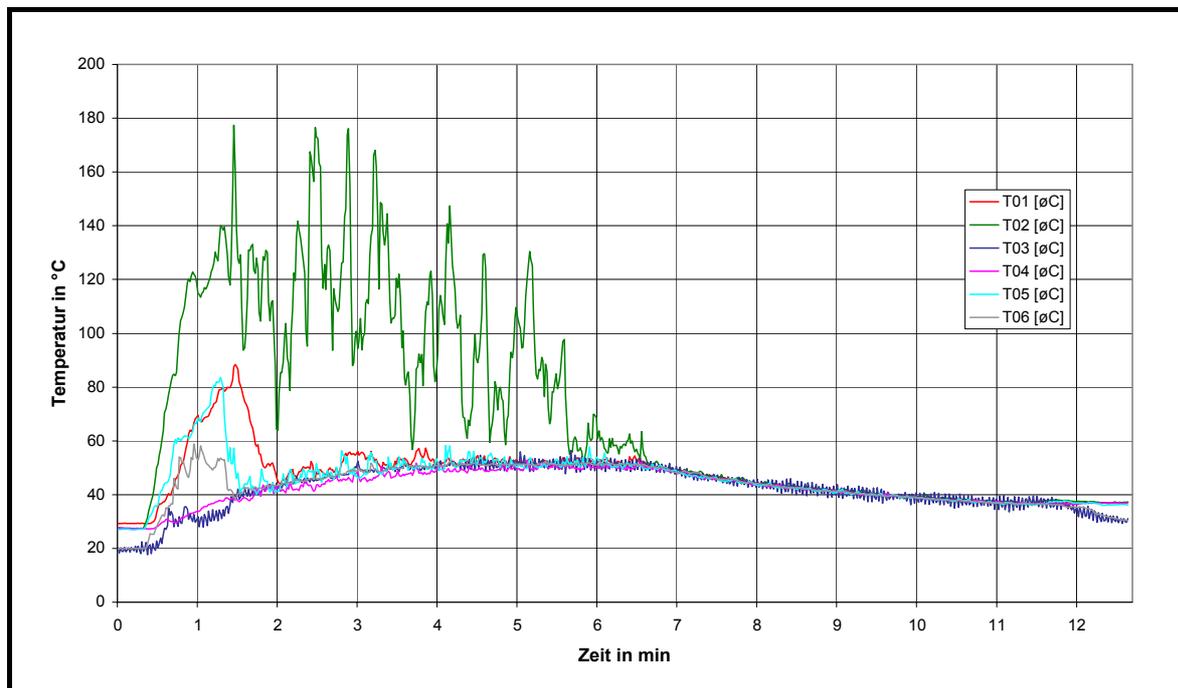
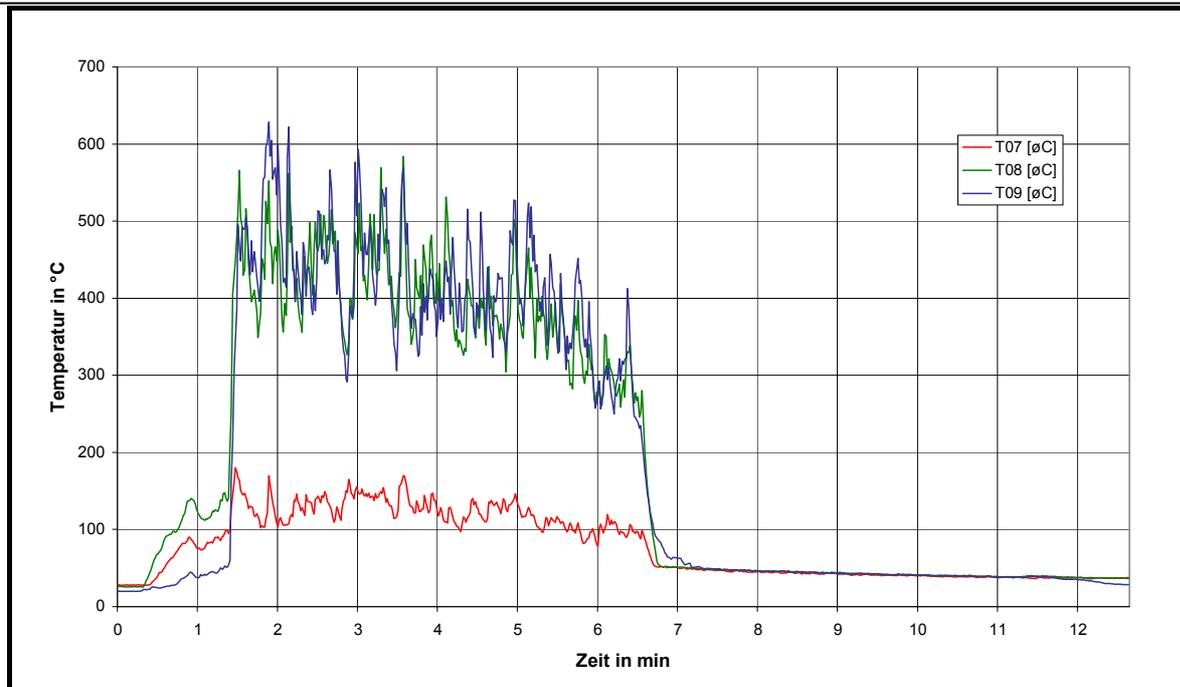
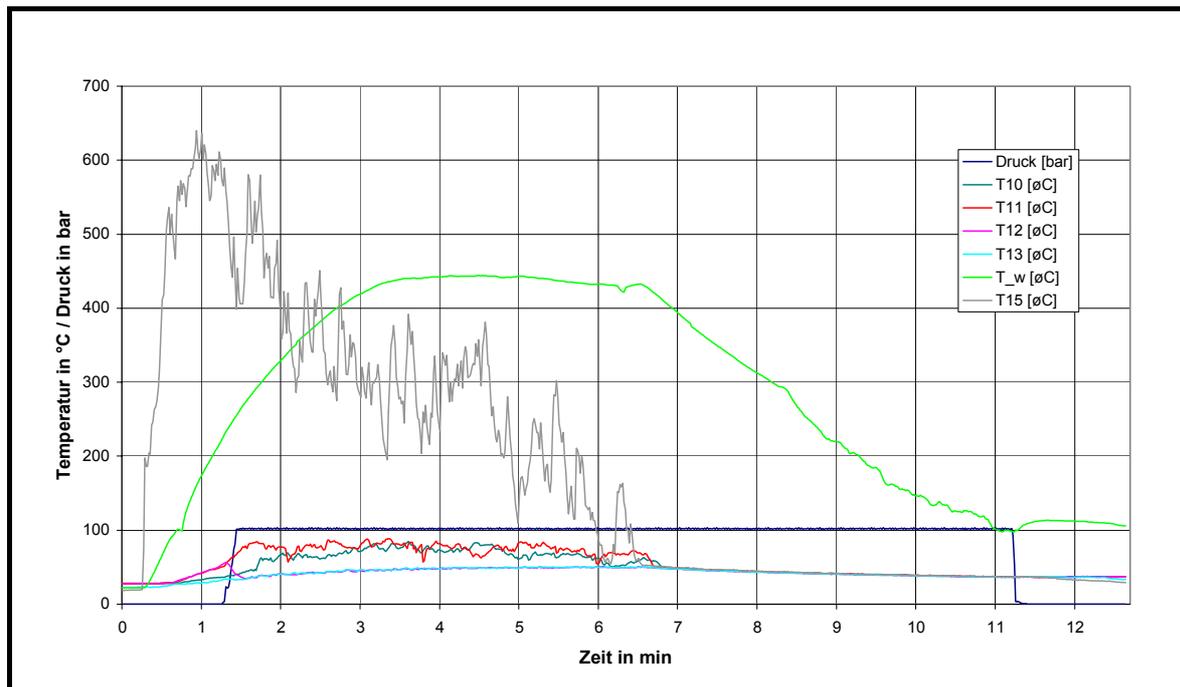


Bild B.19a: Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>01</sub> bis T<sub>06</sub> für den Brandversuch BV19



**Bild B.19b:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>07</sub> bis T<sub>09</sub> für den Brandversuch BV19



**Bild B.19c:** Temperaturkurven für die Messstellen T<sub>10</sub> bis T<sub>15</sub> sowie der Löschwasserdruckverlauf für den Brandversuch BV19