

Anhang B.1

**Tabelle – Anlagensituation
im Bereich R1234yf-Speichertank**

Anlagenteil	R1234yf (gasförmig / flüssig)	Rohrleitung	relevant ja / nein	Leckage [mm ²]	Begründung
Sicherheitsventile (SV), diverse	gasförmig	DN15 und DN32 (Sammelleitung) und DN40 (über Dach)	nein		Entspannung in Rohrleitung mit Ableitung an sicherer Stelle (über Dach)
					gasförmiger Austritt untergeordnet ggü. Austritt flüssig (druckverflüssigt)
					Austrittsdauer (Anprehdauer SV) << 600 s, die gem. KAS-18 Konvention zu betrachten wären
Befüllleitung Speichertank	flüssig (druckverflüssigt)	DN50	ja	490	gasförmiger Austritt untergeordnet ggü. Austritt flüssig (druckverflüssigt)
Gaspendelleitung Speichertank	gasförmig	DN25	nein		gasförmiger Austritt untergeordnet ggü. Austritt flüssig (druckverflüssigt)
Speichertank R1234yf	flüssig (druckverflüssigt) / gasförmig		ja	490	Pauschale Leckage gem. KAS-18 Konvention
					Austritt flüssig (druckverflüssigt) deckt gasförmigen Austritt ab
Saugleitung Pumpen	flüssig (druckverflüssigt)	DN65	ja	490	Austrittsdauer (gesamter Tankinhalt durch max. mögliche Leckage von 3.318 mm ²) < 600 s, die gem. KAS-18 Konvention zu betrachten wären
Druckleitung Pumpen (Druckseite)	flüssig (druckverflüssigt)	DN25	nein		Mengenbegrenzung bei Leckage durch Überwachung und Schaltfunktion der Pumpen
Rücklaufleitung (Halle 2)	flüssig (druckverflüssigt)	DN25	ja	490	KAS-18 Standard entspricht in diesem Fall einem totalen Leitungsabriss

Betrachtungsgrundlage:

R&I Fließschema Kältemittelversorgung R1234 yF Versorgungsanlage Volkswagen AG Hannover

Zeichnungs-Nr.: 12501148_01-f / Auftrags-Nr.: 12501148

Revision: g; 22.07.16 "nach TÜV-Abnahme"

Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 1

Lachenbrand von Butoxypropanol

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 31 Jan 2020 ; 03:30:51

Programm Version: 9.27.1

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 1-Heptanol
Bearbeitungsdatum: 18.07.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 116,2
Isentropenexponent [-]: 1,032
Realgasfaktor [-]: 1,0
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 0,0002
Gasdichte [kg/m³]: 4,83
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 823,241
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 2,2513
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 2,2809
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 591,22
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 1,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 7,2
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 36,91
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 6,826e-06
Temperaturklasse: Keine Angabe
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:

Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005
Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn
Ausflussziffer [-]: 0,62
Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Flüssigkeitshöhe über Leckhöhe [m]: 1,00

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]:	25,0
Gesamtdruckdifferenz [bar]:	0,081
Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]:	0,944
Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]:	0,000

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 31 Jan 2020 ; 03:34:55

Programm Version: 9.27.1

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	1-Heptanol
Bearbeitungsdatum:	18.07.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	116,2
Isentropenexponent [-]:	1,032
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	0,0002
Gasdichte [kg/m ³]:	4,83
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	823,241
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,2513
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	2,2809
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	591,22
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	1,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	7,2
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	36,91
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	6,826e-06
Temperaturklasse:	Keine Angabe
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]:	0,00
Umgebungstemperatur [°C]:	20,00

relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
 Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
 Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
 Höhe des Empfängers [m]: 1,00
 Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 4,8041E-05
 Abbrandrate [kg/s m²]: 3,9549E-02
 Berechnung des Lachendurchmessers aus Massenstrom
 Massenstrom [kg/s] Zeitdauer [s]
 9,44E-01 1,74E+02

Berechnung Brandfläche aus Massenstrom:

max. Brandfläche [m²]: 2,3869E+01
 max. Branddurchmesser [m]: 5,5128E+00

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
 dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]:
 1168,44

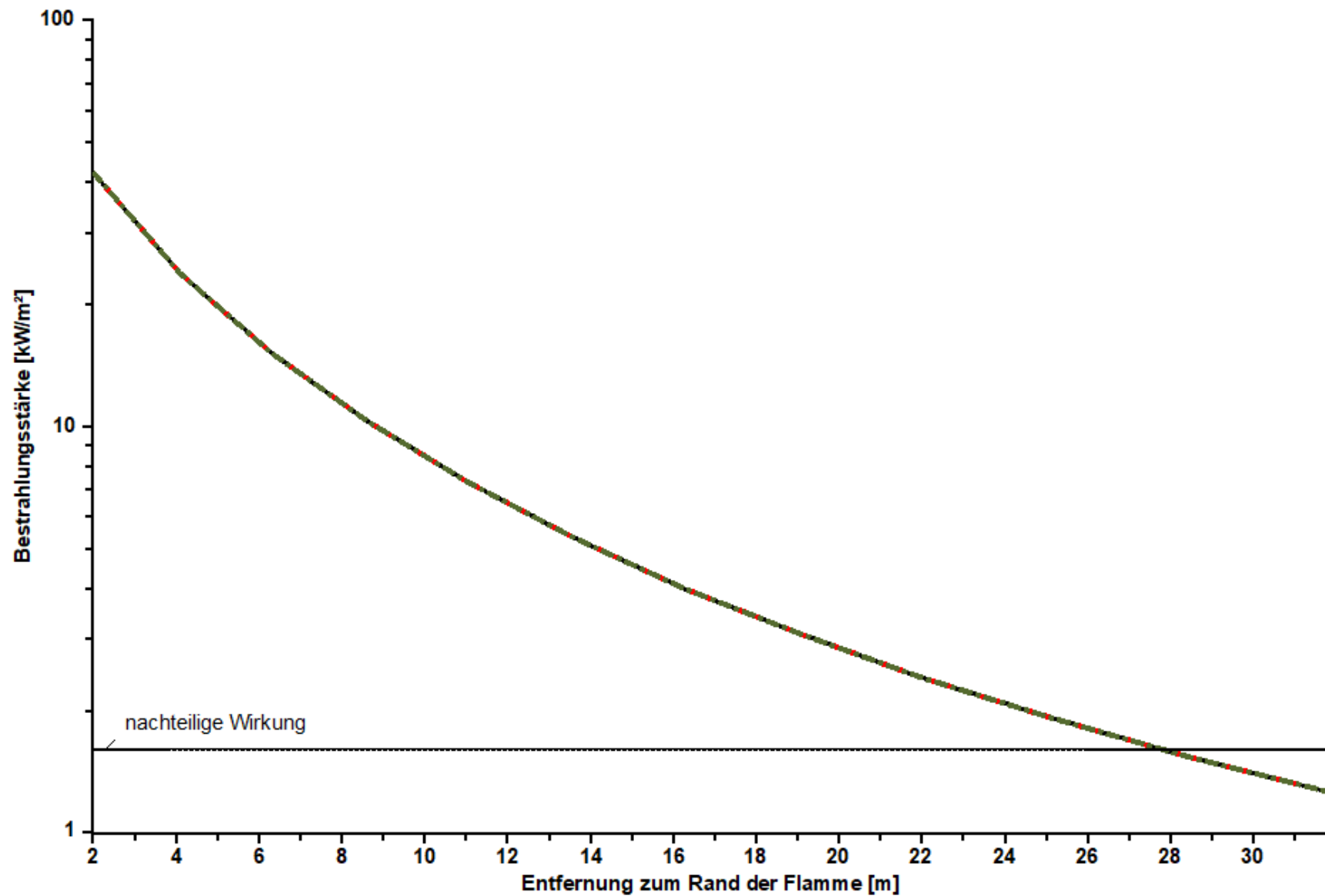
Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 8,65

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
4,76E+00	4,21E+01	4,21E+01	4,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
6,86E+00	2,39E+01	2,39E+01	2,39E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
9,06E+00	1,52E+01	1,52E+01	1,52E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

1,14E+01	1,03E+01	1,03E+01	1,03E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,38E+01	7,25E+00	7,25E+00	7,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,64E+01	5,30E+00	5,30E+00	5,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,90E+01	3,98E+00	3,98E+00	3,98E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,19E+01	3,06E+00	3,06E+00	3,06E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,48E+01	2,39E+00	2,39E+00	2,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,79E+01	1,90E+00	1,90E+00	1,90E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,12E+01	1,53E+00	1,53E+00	1,53E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,46E+01	1,25E+00	1,25E+00	1,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

— max. Bestrahlungsstärke Lee - - - max. Bestrahlungsstärke Quer - · - · - max. Bestrahlungsstärke Luv



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 2

Lachenbrand von Isopropanol

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 10 Jul 2020 ; 12:20:50

Programm Version: 9.28.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: Isopropanol
Bearbeitungsdatum: 23.04.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 60,1
Isentropenexponent [-]: 1,099
Realgasfaktor [-]: 1,0
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 0,0445
Gasdichte [kg/m³]: 2,5
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 787,485
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 2,8521
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,5332
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 741,53
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 2,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 13,4
KG-Wert [bar m/s]: 83,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 30,45
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 1,007e-05
Temperaturklasse: T2
Explosionsgruppe: II A

Eingabedaten:

Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005
Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn

Ausflussziffer [-]: 0,62
Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Flüssigkeitshöhe über Leckhöhe [m]: 1,00

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]: 25,0

Gesamtdruckdifferenz [bar]: 0,077

Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]: 0,903

Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 0,000

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 10 Jul 2020 ; 12:26:16

Programm Version: 9.28.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Isopropanol
Bearbeitungsdatum:	23.04.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	60,1
Isentropenexponent [-]:	1,099
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	0,0445
Gasdichte [kg/m ³]:	2,5
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	787,485
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,8521
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,5332
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	741,53
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	2,0
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	13,4
KG-Wert [bar m/s]:	83,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	30,45
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	1,007e-05
Temperaturklasse:	T2
Explosionsgruppe:	II A

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]: 0,00

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
 relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
 Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
 Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
 Höhe des Empfängers [m]: 1,00
 Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 4,1721E-05
 Abbrandrate [kg/s m²]: 3,2855E-02

Berechnung des Lachendurchmessers aus Massenstrom

Massenstrom [kg/s]	Zeitdauer [s]
9,0300E-01	8,7200E+02

Berechnung Brandfläche aus Massenstrom:

max. Brandfläche [m²]: 2,7484E+01
 max. Branddurchmesser [m]: 5,9156E+00

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

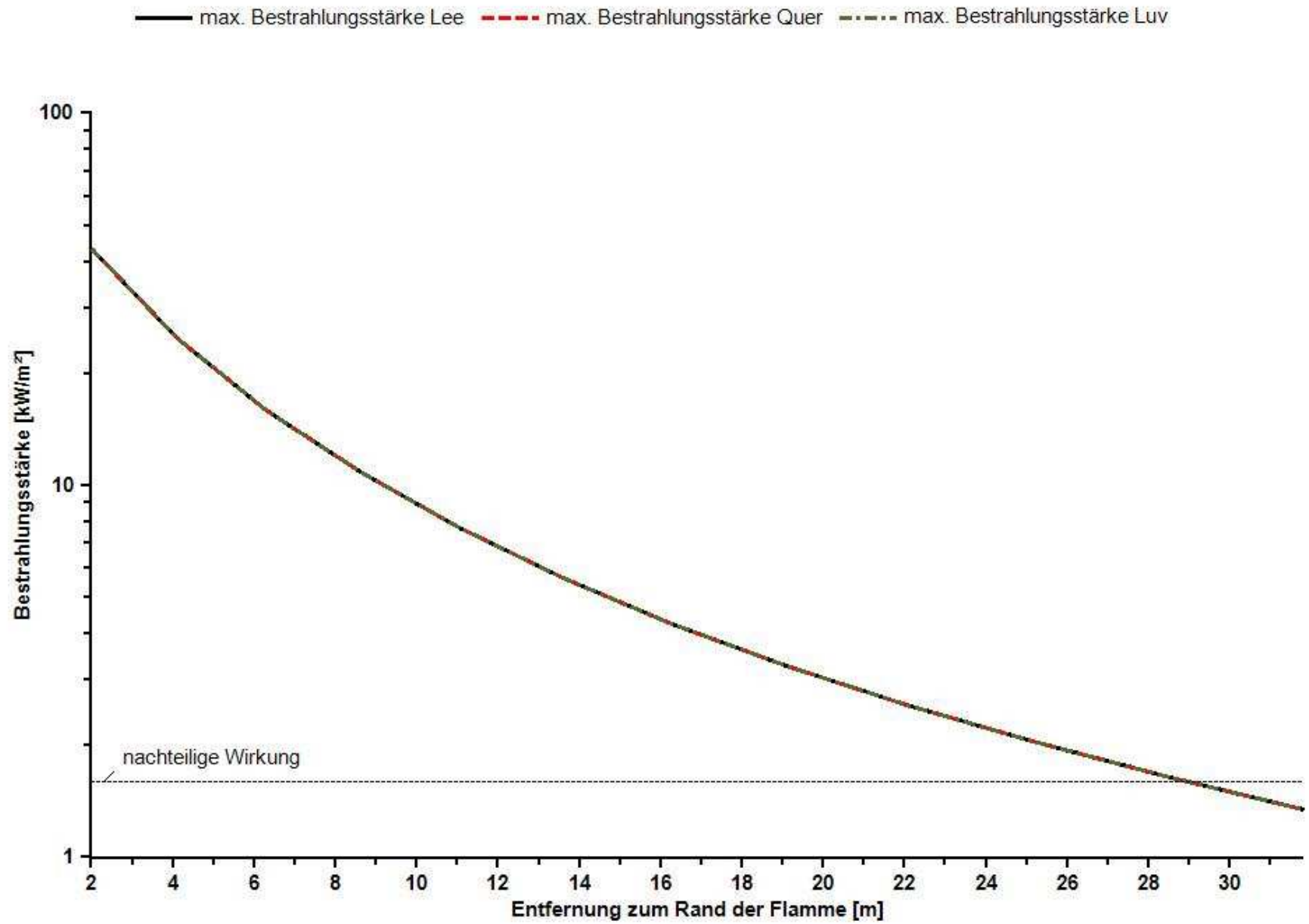
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
 dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]: 1168,44

Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 8,78

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
4,9578E+00	4,3260E+01	4,3260E+01	4,3260E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
7,0578E+00	2,4842E+01	2,4842E+01	2,4842E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00

9,2628E+00	1,5927E+01	1,5927E+01	1,5927E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,1578E+01	1,0834E+01	1,0834E+01	1,0834E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,4009E+01	7,6881E+00	7,6881E+00	7,6881E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,6562E+01	5,6392E+00	5,6392E+00	5,6392E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,9242E+01	4,2482E+00	4,2482E+00	4,2482E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,2056E+01	3,2712E+00	3,2712E+00	3,2712E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,5011E+01	2,5653E+00	2,5653E+00	2,5653E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,8114E+01	2,0429E+00	2,0429E+00	2,0429E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,1371E+01	1,6482E+00	1,6482E+00	1,6482E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,4792E+01	1,3448E+00	1,3448E+00	1,3448E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 3

Lachenbrand Ottokraftstoff

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 31 Jan 2020 ; 04:15:30

Programm Version: 9.27.1

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: Benzin
Bearbeitungsdatum: 03.10.2017
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 69,17
Molare Masse (Flüssigphase) [g/mol]: 88,84
Isentropenexponent [-]: 1,084
Realgasfaktor [-]: 1,0
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 0,2479
Gasdichte [kg/m³]: 2,88
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 773,492
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,8922
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,5563
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 400,19
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 0,6
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 8,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 41,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 8,871e-06
Temperaturklasse: T3
Explosionsgruppe: II A

Flüssigkeitgemisch:

Flüssigphase:

Stoffname	Stoffanteil	Massenanteil	Volumenanteil
	Mol.-%	Masse-%	Vol.-%
Pentan	7,634	6,200	7,632
Butan	3,821	2,500	3,335

Benzol	10,464	9,200	8,125
Hexan	11,752	11,400	13,327
Toluol	15,620	16,200	14,411
Heptan	5,940	6,700	7,547
1.3-Dimethylbenzol (m-Xylol)			
	2,259	2,700	2,415
o-Xylol	10,376	12,400	10,916
Nonan	2,978	4,300	4,633
Decan	1,249	2,000	2,121
Cyclopentan	19,002	15,000	15,366
Ethylbenzol	4,100	4,900	4,363
Mesitylen	4,805	6,500	5,809

Gasphase

Stoffname	Stoffanteil Mol.-%	Massenanteil Masse-%	Volumenanteil Vol.-%
Pentan	19,785	20,638	19,781
Butan	35,240	29,612	35,234
Benzol	4,700	5,308	4,699
Hexan	8,820	10,990	8,819
Toluol	2,061	2,746	2,061
Heptan	1,264	1,831	1,263
1.3-Dimethylbenzol (m-Xylol)			
	0,080	0,123	0,080
o-Xylol	0,286	0,439	0,286
Nonan	0,053	0,098	0,053
Decan	0,006	0,013	0,006
Cyclopentan	27,505	27,889	27,517
Ethylbenzol	0,168	0,257	0,168
Mesitylen	0,032	0,056	0,032

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]: 0,00
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
Höhe des Empfängers [m]: 1,00
Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 1,0787E-04
Abbrandrate [kg/s m²]: 8,3434E-02
Fester Lachendurchmesser
Durchmesser der Lache [m]: 8,56
Brandfläche [m²]: 5,7549E+01

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

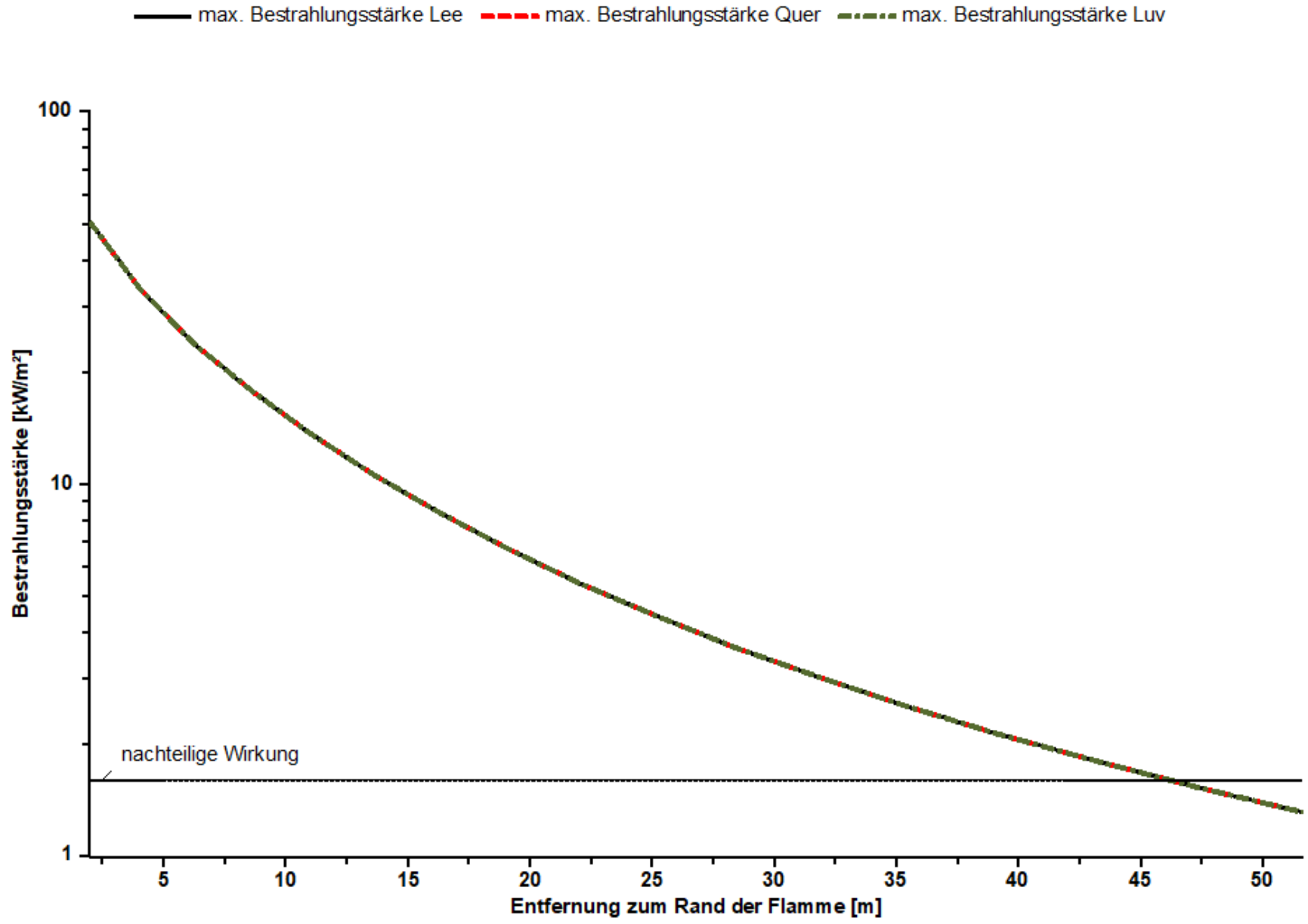
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]:
1168,44

Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 15,36

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
6,28E+00	5,04E+01	5,04E+01	5,04E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
8,38E+00	3,30E+01	3,30E+01	3,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

1,06E+01	2,37E+01	2,37E+01	2,37E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,29E+01	1,77E+01	1,77E+01	1,77E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,53E+01	1,36E+01	1,36E+01	1,36E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
1,79E+01	1,06E+01	1,06E+01	1,06E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,06E+01	8,35E+00	8,35E+00	8,35E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,34E+01	6,69E+00	6,69E+00	6,69E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,63E+01	5,41E+00	5,41E+00	5,41E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,94E+01	4,42E+00	4,42E+00	4,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,27E+01	3,64E+00	3,64E+00	3,64E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,61E+01	3,02E+00	3,02E+00	3,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,97E+01	2,52E+00	2,52E+00	2,52E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4,35E+01	2,12E+00	2,12E+00	2,12E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4,74E+01	1,79E+00	1,79E+00	1,79E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,16E+01	1,52E+00	1,52E+00	1,52E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,60E+01	1,30E+00	1,30E+00	1,30E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 4

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– gesundheitsschädliche Ausbreitung R1234yf

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:02:41

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:
Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,000

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn

Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]: 25,0

Gesamtdruckdifferenz [bar]: 4,906

Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]: 8,549

Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 0,000

Flash-Verdampfung [kg/s]: 2,609

Massenstrom für die Lachenbildung [kg/s]: 5,940

Gesamter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 2,609

Instationäre Lachenverdunstung oder -verdampfung (KAS-18)

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:04:52

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Dies ist nicht die aktuelle Version des Verdunstungsmodells!

Beachten Sie bitte die Bedienungsanleitung.

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabedaten:

Berechnung einer instationären Verdampfung / Verdunstung.

Massenstrom:
flüssig gasförmig Ausströmdauer
[kg/s] [kg/s]

5,9401E+00 2,6091E+00 6,0000E+02
0,0000E+00 0,0000E+00 6,0100E+02

Schichtdicke [mm]: 5,0
Umgebungstemperatur [K]: 293,15
Zeitdauer der Berechnung [s]: 1800,0
Bodenmaterial: Beton
Wärmeleitfähigkeit des Bodens [W/mK]: 1,0000E+00
Dichte des Bodens [kg/m³]: 2,1000E+03
Wärmekapazität des Bodens [kJ/kgK]: 8,8000E+02
Windgeschwindigkeit [m/s]: 3,00
Wärmeeinstrahlung [kW/m²]: 1,00

Ergebnisse:
Zeitschritt [s]: 0,1

Zeit [s]	Radius [m]	Verdunstungsmassenstrom [kg/s]	Gesamtmassentrom		
			Flüssigkeitstemperatur [K]	Mittl. Massenstr. [kg/s]	
0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	2,6091E+00	2,4365E+02	
6,0000E+00	1,3797E+00	5,7521E-01	3,1843E+00	2,4365E+02	3,0253E+00
1,1900E+01	1,9188E+00	7,8260E-01	3,3917E+00	2,4365E+02	3,1592E+00
1,7800E+01	2,3236E+00	9,4256E-01	3,5517E+00	2,4365E+02	3,2641E+00
2,3700E+01	2,6583E+00	1,0769E+00	3,6860E+00	2,4365E+02	3,3531E+00
2,9600E+01	2,9482E+00	1,1946E+00	3,8037E+00	2,4365E+02	3,4316E+00
3,5500E+01	3,2061E+00	1,3001E+00	3,9092E+00	2,4365E+02	3,5025E+00
4,1400E+01	3,3851E+00	1,3515E+00	3,9606E+00	2,4365E+02	3,5667E+00
4,7300E+01	3,3851E+00	1,2714E+00	3,8805E+00	2,4365E+02	3,6106E+00
5,3200E+01	3,3851E+00	1,2064E+00	3,8155E+00	2,4365E+02	3,6367E+00
5,9100E+01	3,3851E+00	1,1522E+00	3,7613E+00	2,4365E+02	3,6518E+00

6,5000E+01	3,3851E+00	1,1061E+00	3,7152E+00	2,4365E+02	3,6595E+00
7,0900E+01	3,3851E+00	1,0663E+00	3,6754E+00	2,4365E+02	3,6624E+00
7,6800E+01	3,3851E+00	1,0314E+00	3,6405E+00	2,4365E+02	3,6620E+00
8,2700E+01	3,3851E+00	1,0005E+00	3,6096E+00	2,4365E+02	3,6594E+00
8,8600E+01	3,3851E+00	9,7287E-01	3,5820E+00	2,4365E+02	3,6551E+00
9,4500E+01	3,3851E+00	9,4800E-01	3,5571E+00	2,4365E+02	3,6497E+00
1,0040E+02	3,3851E+00	9,2543E-01	3,5345E+00	2,4365E+02	3,6436E+00
1,0630E+02	3,3851E+00	9,0483E-01	3,5139E+00	2,4365E+02	3,6369E+00
1,1220E+02	3,3851E+00	8,8593E-01	3,4950E+00	2,4365E+02	3,6300E+00
1,1810E+02	3,3851E+00	8,6851E-01	3,4776E+00	2,4365E+02	3,6228E+00
1,2400E+02	3,3851E+00	8,5238E-01	3,4615E+00	2,4365E+02	3,6155E+00
1,2990E+02	3,3851E+00	8,3739E-01	3,4465E+00	2,4365E+02	3,6081E+00
1,3580E+02	3,3851E+00	8,2341E-01	3,4325E+00	2,4365E+02	3,6008E+00
1,4170E+02	3,3851E+00	8,1033E-01	3,4194E+00	2,4365E+02	3,5935E+00
1,4760E+02	3,3851E+00	7,9806E-01	3,4072E+00	2,4365E+02	3,5863E+00
1,5350E+02	3,3851E+00	7,8652E-01	3,3956E+00	2,4365E+02	3,5792E+00
1,5940E+02	3,3851E+00	7,7563E-01	3,3847E+00	2,4365E+02	3,5722E+00
1,6530E+02	3,3851E+00	7,6535E-01	3,3744E+00	2,4365E+02	3,5653E+00
1,7120E+02	3,3851E+00	7,5561E-01	3,3647E+00	2,4365E+02	3,5586E+00
1,7710E+02	3,3851E+00	7,4637E-01	3,3555E+00	2,4365E+02	3,5519E+00
1,8300E+02	3,3851E+00	7,3758E-01	3,3467E+00	2,4365E+02	3,5455E+00
1,8890E+02	3,3851E+00	7,2922E-01	3,3383E+00	2,4365E+02	3,5391E+00
1,9480E+02	3,3851E+00	7,2124E-01	3,3303E+00	2,4365E+02	3,5329E+00
2,0070E+02	3,3851E+00	7,1362E-01	3,3227E+00	2,4365E+02	3,5268E+00
2,0660E+02	3,3851E+00	7,0634E-01	3,3154E+00	2,4365E+02	3,5209E+00
2,1250E+02	3,3851E+00	6,9936E-01	3,3085E+00	2,4365E+02	3,5151E+00
2,1840E+02	3,3851E+00	6,9268E-01	3,3018E+00	2,4365E+02	3,5094E+00
2,2430E+02	3,3851E+00	6,8626E-01	3,2954E+00	2,4365E+02	3,5039E+00
2,3020E+02	3,3851E+00	6,8009E-01	3,2892E+00	2,4365E+02	3,4985E+00
2,3610E+02	3,3851E+00	6,7416E-01	3,2833E+00	2,4365E+02	3,4932E+00
2,4200E+02	3,3851E+00	6,6844E-01	3,2775E+00	2,4365E+02	3,4880E+00
2,4790E+02	3,3851E+00	6,6294E-01	3,2720E+00	2,4365E+02	3,4829E+00
2,5380E+02	3,3851E+00	6,5763E-01	3,2667E+00	2,4365E+02	3,4779E+00
2,5970E+02	3,3851E+00	6,5250E-01	3,2616E+00	2,4365E+02	3,4731E+00
2,6560E+02	3,3851E+00	6,4754E-01	3,2566E+00	2,4365E+02	3,4683E+00
2,7150E+02	3,3851E+00	6,4275E-01	3,2519E+00	2,4365E+02	3,4637E+00
2,7740E+02	3,3851E+00	6,3812E-01	3,2472E+00	2,4365E+02	3,4591E+00

2,8330E+02	3,3851E+00	6,3363E-01	3,2427E+00	2,4365E+02	3,4546E+00
2,8920E+02	3,3851E+00	6,2928E-01	3,2384E+00	2,4365E+02	3,4503E+00
2,9510E+02	3,3851E+00	6,2506E-01	3,2342E+00	2,4365E+02	3,4460E+00
3,0100E+02	3,3851E+00	6,2097E-01	3,2301E+00	2,4365E+02	3,4418E+00
3,0690E+02	3,3851E+00	6,1699E-01	3,2261E+00	2,4365E+02	3,4377E+00
3,1280E+02	3,3851E+00	6,1313E-01	3,2222E+00	2,4365E+02	3,4337E+00
3,1870E+02	3,3851E+00	6,0938E-01	3,2185E+00	2,4365E+02	3,4297E+00
3,2460E+02	3,3851E+00	6,0574E-01	3,2148E+00	2,4365E+02	3,4258E+00
3,3050E+02	3,3851E+00	6,0219E-01	3,2113E+00	2,4365E+02	3,4220E+00
3,3640E+02	3,3851E+00	5,9873E-01	3,2078E+00	2,4365E+02	3,4183E+00
3,4230E+02	3,3851E+00	5,9537E-01	3,2045E+00	2,4365E+02	3,4147E+00
3,4820E+02	3,3851E+00	5,9209E-01	3,2012E+00	2,4365E+02	3,4111E+00
3,5410E+02	3,3851E+00	5,8889E-01	3,1980E+00	2,4365E+02	3,4075E+00
3,6000E+02	3,3851E+00	5,8578E-01	3,1949E+00	2,4365E+02	3,4041E+00
3,6590E+02	3,3851E+00	5,8274E-01	3,1918E+00	2,4365E+02	3,4007E+00
3,7180E+02	3,3851E+00	5,7977E-01	3,1889E+00	2,4365E+02	3,3973E+00
3,7770E+02	3,3851E+00	5,7687E-01	3,1860E+00	2,4365E+02	3,3941E+00
3,8360E+02	3,3851E+00	5,7404E-01	3,1831E+00	2,4365E+02	3,3908E+00
3,8950E+02	3,3851E+00	5,7128E-01	3,1804E+00	2,4365E+02	3,3877E+00
3,9540E+02	3,3851E+00	5,6858E-01	3,1777E+00	2,4365E+02	3,3846E+00
4,0130E+02	3,3851E+00	5,6593E-01	3,1750E+00	2,4365E+02	3,3815E+00
4,0720E+02	3,3851E+00	5,6335E-01	3,1724E+00	2,4365E+02	3,3785E+00
4,1310E+02	3,3851E+00	5,6082E-01	3,1699E+00	2,4365E+02	3,3755E+00
4,1900E+02	3,3851E+00	5,5835E-01	3,1674E+00	2,4365E+02	3,3726E+00
4,2490E+02	3,3851E+00	5,5592E-01	3,1650E+00	2,4365E+02	3,3697E+00
4,3080E+02	3,3851E+00	5,5355E-01	3,1627E+00	2,4365E+02	3,3669E+00
4,3670E+02	3,3851E+00	5,5123E-01	3,1603E+00	2,4365E+02	3,3642E+00
4,4260E+02	3,3851E+00	5,4895E-01	3,1580E+00	2,4365E+02	3,3614E+00
4,4850E+02	3,3851E+00	5,4672E-01	3,1558E+00	2,4365E+02	3,3587E+00
4,5440E+02	3,3851E+00	5,4453E-01	3,1536E+00	2,4365E+02	3,3561E+00
4,6030E+02	3,3851E+00	5,4238E-01	3,1515E+00	2,4365E+02	3,3535E+00
4,6620E+02	3,3851E+00	5,4028E-01	3,1494E+00	2,4365E+02	3,3509E+00
4,7210E+02	3,3851E+00	5,3821E-01	3,1473E+00	2,4365E+02	3,3484E+00
4,7800E+02	3,3851E+00	5,3618E-01	3,1453E+00	2,4365E+02	3,3459E+00
4,8390E+02	3,3851E+00	5,3419E-01	3,1433E+00	2,4365E+02	3,3434E+00
4,8980E+02	3,3851E+00	5,3224E-01	3,1413E+00	2,4365E+02	3,3410E+00
4,9570E+02	3,3851E+00	5,3032E-01	3,1394E+00	2,4365E+02	3,3386E+00

5,0160E+02	3,3851E+00	5,2844E-01	3,1375E+00	2,4365E+02	3,3363E+00
5,0750E+02	3,3851E+00	5,2659E-01	3,1357E+00	2,4365E+02	3,3339E+00
5,1340E+02	3,3851E+00	5,2477E-01	3,1339E+00	2,4365E+02	3,3316E+00
5,1930E+02	3,3851E+00	5,2298E-01	3,1321E+00	2,4365E+02	3,3294E+00
5,2520E+02	3,3851E+00	5,2122E-01	3,1303E+00	2,4365E+02	3,3272E+00
5,3110E+02	3,3851E+00	5,1949E-01	3,1286E+00	2,4365E+02	3,3250E+00
5,3700E+02	3,3851E+00	5,1780E-01	3,1269E+00	2,4365E+02	3,3228E+00
5,4290E+02	3,3851E+00	5,1612E-01	3,1252E+00	2,4365E+02	3,3207E+00
5,4880E+02	3,3851E+00	5,1448E-01	3,1236E+00	2,4365E+02	3,3185E+00
5,5470E+02	3,3851E+00	5,1286E-01	3,1220E+00	2,4365E+02	3,3165E+00
5,6060E+02	3,3851E+00	5,1127E-01	3,1204E+00	2,4365E+02	3,3144E+00
5,6650E+02	3,3851E+00	5,0970E-01	3,1188E+00	2,4365E+02	3,3124E+00
5,7240E+02	3,3851E+00	5,0816E-01	3,1173E+00	2,4365E+02	3,3104E+00
5,7830E+02	3,3851E+00	5,0664E-01	3,1157E+00	2,4365E+02	3,3084E+00
5,8420E+02	3,3851E+00	5,0514E-01	3,1142E+00	2,4365E+02	3,3064E+00
5,9010E+02	3,3851E+00	5,0367E-01	3,1128E+00	2,4365E+02	3,3045E+00
5,9600E+02	3,3851E+00	5,0222E-01	3,1113E+00	2,4365E+02	3,3026E+00
6,0010E+02	3,3851E+00	5,0122E-01	5,0122E-01	2,4365E+02	3,3009E+00
6,0600E+02	3,3851E+00	4,9981E-01	4,9981E-01	2,4365E+02	3,2736E+00
6,1190E+02	3,3851E+00	4,9841E-01	4,9841E-01	2,4365E+02	3,2468E+00
6,1780E+02	3,3851E+00	4,9704E-01	4,9704E-01	2,4365E+02	3,2206E+00
6,2370E+02	3,3851E+00	4,9568E-01	4,9568E-01	2,4365E+02	3,1948E+00
6,2960E+02	3,3851E+00	4,9435E-01	4,9435E-01	2,4365E+02	3,1695E+00
6,3550E+02	3,3851E+00	4,9303E-01	4,9303E-01	2,4365E+02	3,1447E+00
6,4140E+02	3,3851E+00	4,9173E-01	4,9173E-01	2,4365E+02	3,1203E+00
6,4730E+02	3,3851E+00	4,9045E-01	4,9045E-01	2,4365E+02	3,0963E+00
6,5320E+02	3,3851E+00	4,8919E-01	4,8919E-01	2,4365E+02	3,0728E+00
6,5910E+02	3,3851E+00	4,8794E-01	4,8794E-01	2,4365E+02	3,0496E+00
6,6500E+02	3,3851E+00	4,8671E-01	4,8671E-01	2,4365E+02	3,0269E+00
6,7090E+02	3,3851E+00	4,8550E-01	4,8550E-01	2,4365E+02	3,0046E+00
6,7680E+02	3,3851E+00	4,8430E-01	4,8430E-01	2,4365E+02	2,9826E+00
6,8270E+02	3,3851E+00	4,8312E-01	4,8312E-01	2,4365E+02	2,9610E+00
6,8860E+02	3,3851E+00	4,8195E-01	4,8195E-01	2,4365E+02	2,9398E+00
6,9450E+02	3,3851E+00	4,8080E-01	4,8080E-01	2,4365E+02	2,9189E+00
7,0040E+02	3,3851E+00	4,7966E-01	4,7966E-01	2,4365E+02	2,8983E+00
7,0630E+02	3,3851E+00	4,7854E-01	4,7854E-01	2,4365E+02	2,8781E+00
7,1220E+02	3,3851E+00	4,7743E-01	4,7743E-01	2,4365E+02	2,8582E+00

7,1810E+02	3,3851E+00	4,7633E-01	4,7633E-01	2,4365E+02	2,8387E+00
7,2400E+02	3,3851E+00	4,7525E-01	4,7525E-01	2,4365E+02	2,8194E+00
7,2990E+02	3,3851E+00	4,7418E-01	4,7418E-01	2,4365E+02	2,8005E+00
7,3580E+02	3,3851E+00	4,7313E-01	4,7313E-01	2,4365E+02	2,7818E+00
7,4170E+02	3,3851E+00	4,7208E-01	4,7208E-01	2,4365E+02	2,7634E+00
7,4760E+02	3,3851E+00	4,7105E-01	4,7105E-01	2,4365E+02	2,7454E+00
7,5350E+02	3,3851E+00	4,7004E-01	4,7004E-01	2,4365E+02	2,7275E+00
7,5940E+02	3,3851E+00	4,6903E-01	4,6903E-01	2,4365E+02	2,7100E+00
7,6530E+02	3,3851E+00	4,6803E-01	4,6803E-01	2,4365E+02	2,6927E+00
7,7120E+02	3,3851E+00	4,6705E-01	4,6705E-01	2,4365E+02	2,6757E+00
7,7710E+02	3,3851E+00	4,6608E-01	4,6608E-01	2,4365E+02	2,6589E+00
7,8300E+02	3,3851E+00	4,6512E-01	4,6512E-01	2,4365E+02	2,6424E+00
7,8890E+02	3,3851E+00	4,6417E-01	4,6417E-01	2,4365E+02	2,6261E+00
7,9480E+02	3,3851E+00	4,6323E-01	4,6323E-01	2,4365E+02	2,6101E+00
8,0070E+02	3,3851E+00	4,6230E-01	4,6230E-01	2,4365E+02	2,5942E+00
8,0660E+02	3,3851E+00	4,6138E-01	4,6138E-01	2,4365E+02	2,5786E+00
8,1250E+02	3,3851E+00	4,6047E-01	4,6047E-01	2,4365E+02	2,5633E+00
8,1840E+02	3,3851E+00	4,5957E-01	4,5957E-01	2,4365E+02	2,5481E+00
8,2430E+02	3,3851E+00	4,5868E-01	4,5868E-01	2,4365E+02	2,5331E+00
8,3020E+02	3,3851E+00	4,5780E-01	4,5780E-01	2,4365E+02	2,5184E+00
8,3610E+02	3,3851E+00	4,5693E-01	4,5693E-01	2,4365E+02	2,5039E+00
8,4200E+02	3,3851E+00	4,5607E-01	4,5607E-01	2,4365E+02	2,4895E+00
8,4790E+02	3,3851E+00	4,5521E-01	4,5521E-01	2,4365E+02	2,4754E+00
8,5380E+02	3,3851E+00	4,5437E-01	4,5437E-01	2,4365E+02	2,4614E+00
8,5970E+02	3,3851E+00	4,5353E-01	4,5353E-01	2,4365E+02	2,4476E+00
8,6560E+02	3,3851E+00	4,5271E-01	4,5271E-01	2,4365E+02	2,4340E+00
8,7150E+02	3,3851E+00	4,5189E-01	4,5189E-01	2,4365E+02	2,4206E+00
8,7740E+02	3,3851E+00	4,5108E-01	4,5108E-01	2,4365E+02	2,4074E+00
8,8330E+02	3,3851E+00	4,5028E-01	4,5028E-01	2,4365E+02	2,3943E+00
8,8920E+02	3,3851E+00	4,4948E-01	4,4948E-01	2,4365E+02	2,3814E+00
8,9510E+02	3,3851E+00	4,4870E-01	4,4870E-01	2,4365E+02	2,3687E+00
9,0100E+02	3,3851E+00	4,4792E-01	4,4792E-01	2,4365E+02	2,3561E+00
9,0690E+02	3,3851E+00	4,4715E-01	4,4715E-01	2,4365E+02	2,3437E+00
9,1280E+02	3,3851E+00	4,4639E-01	4,4639E-01	2,4365E+02	2,3314E+00
9,1870E+02	3,3851E+00	4,4563E-01	4,4563E-01	2,4365E+02	2,3193E+00
9,2460E+02	3,3851E+00	4,4488E-01	4,4488E-01	2,4365E+02	2,3073E+00
9,3050E+02	3,3851E+00	4,4414E-01	4,4414E-01	2,4365E+02	2,2955E+00

9,3640E+02	3,3851E+00	4,4341E-01	4,4341E-01	2,4365E+02	2,2839E+00
9,4230E+02	3,3851E+00	4,4268E-01	4,4268E-01	2,4365E+02	2,2723E+00
9,4820E+02	3,3851E+00	4,4196E-01	4,4196E-01	2,4365E+02	2,2609E+00
9,5410E+02	3,3851E+00	4,4125E-01	4,4125E-01	2,4365E+02	2,2497E+00
9,6000E+02	3,3851E+00	4,4054E-01	4,4054E-01	2,4365E+02	2,2386E+00
9,6590E+02	3,3851E+00	4,3984E-01	4,3984E-01	2,4365E+02	2,2276E+00
9,7180E+02	3,3851E+00	4,3914E-01	4,3914E-01	2,4365E+02	2,2167E+00
9,7770E+02	3,3851E+00	4,3846E-01	4,3846E-01	2,4365E+02	2,2060E+00
9,8360E+02	3,3851E+00	4,3777E-01	4,3777E-01	2,4365E+02	2,1954E+00
9,8950E+02	3,3851E+00	4,3710E-01	4,3710E-01	2,4365E+02	2,1849E+00
9,9540E+02	3,3851E+00	4,3643E-01	4,3643E-01	2,4365E+02	2,1746E+00
1,0013E+03	3,3851E+00	4,3576E-01	4,3576E-01	2,4365E+02	2,1643E+00
1,0072E+03	3,3851E+00	4,3511E-01	4,3511E-01	2,4365E+02	2,1542E+00
1,0131E+03	3,3851E+00	4,3445E-01	4,3445E-01	2,4365E+02	2,1442E+00
1,0190E+03	3,3851E+00	4,3381E-01	4,3381E-01	2,4365E+02	2,1343E+00
1,0249E+03	3,3851E+00	4,3317E-01	4,3317E-01	2,4365E+02	2,1245E+00
1,0308E+03	3,3851E+00	4,3253E-01	4,3253E-01	2,4365E+02	2,1148E+00
1,0367E+03	3,3851E+00	4,3190E-01	4,3190E-01	2,4365E+02	2,1052E+00
1,0426E+03	3,3851E+00	4,3128E-01	4,3128E-01	2,4365E+02	2,0958E+00
1,0485E+03	3,3851E+00	4,3066E-01	4,3066E-01	2,4365E+02	2,0864E+00
1,0544E+03	3,3851E+00	4,3004E-01	4,3004E-01	2,4365E+02	2,0771E+00
1,0603E+03	3,3851E+00	4,2943E-01	4,2943E-01	2,4365E+02	2,0680E+00
1,0662E+03	3,3851E+00	4,2883E-01	4,2883E-01	2,4365E+02	2,0589E+00
1,0721E+03	3,3851E+00	4,2823E-01	4,2823E-01	2,4365E+02	2,0499E+00
1,0780E+03	3,3851E+00	4,2764E-01	4,2764E-01	2,4365E+02	2,0410E+00
1,0839E+03	3,3851E+00	4,2705E-01	4,2705E-01	2,4365E+02	2,0322E+00
1,0898E+03	3,3851E+00	4,2646E-01	4,2646E-01	2,4365E+02	2,0236E+00
1,0957E+03	3,3851E+00	4,2588E-01	4,2588E-01	2,4365E+02	2,0150E+00
1,1016E+03	3,3851E+00	4,2531E-01	4,2531E-01	2,4365E+02	2,0064E+00
1,1075E+03	3,3851E+00	4,2474E-01	4,2474E-01	2,4365E+02	1,9980E+00
1,1134E+03	3,3851E+00	4,2417E-01	4,2417E-01	2,4365E+02	1,9897E+00
1,1193E+03	3,3851E+00	4,2361E-01	4,2361E-01	2,4365E+02	1,9814E+00
1,1252E+03	3,3851E+00	4,2306E-01	4,2306E-01	2,4365E+02	1,9733E+00
1,1311E+03	3,3851E+00	4,2250E-01	4,2250E-01	2,4365E+02	1,9652E+00
1,1370E+03	3,3851E+00	4,2195E-01	4,2195E-01	2,4365E+02	1,9572E+00
1,1429E+03	3,3851E+00	4,2141E-01	4,2141E-01	2,4365E+02	1,9492E+00
1,1488E+03	3,3851E+00	4,2087E-01	4,2087E-01	2,4365E+02	1,9414E+00

1,1547E+03	3,3851E+00	4,2034E-01	4,2034E-01	2,4365E+02	1,9336E+00
1,1606E+03	3,3851E+00	4,1980E-01	4,1980E-01	2,4365E+02	1,9259E+00
1,1665E+03	3,3851E+00	4,1928E-01	4,1928E-01	2,4365E+02	1,9183E+00
1,1724E+03	3,3851E+00	4,1875E-01	4,1875E-01	2,4365E+02	1,9108E+00
1,1783E+03	3,3851E+00	4,1823E-01	4,1823E-01	2,4365E+02	1,9033E+00
1,1842E+03	3,3851E+00	4,1772E-01	4,1772E-01	2,4365E+02	1,8959E+00
1,1901E+03	3,3851E+00	4,1721E-01	4,1721E-01	2,4365E+02	1,8886E+00
1,1960E+03	3,3851E+00	4,1670E-01	4,1670E-01	2,4365E+02	1,8813E+00
1,2011E+03	3,3851E+00	4,1626E-01	4,1626E-01	2,4365E+02	1,8751E+00
1,2070E+03	3,3851E+00	4,1576E-01	4,1576E-01	2,4365E+02	1,8679E+00
1,2129E+03	3,3851E+00	4,1526E-01	4,1526E-01	2,4365E+02	1,8609E+00
1,2188E+03	3,3851E+00	4,1477E-01	4,1477E-01	2,4365E+02	1,8539E+00
1,2247E+03	3,3851E+00	4,1428E-01	4,1428E-01	2,4365E+02	1,8469E+00
1,2306E+03	3,3851E+00	4,1379E-01	4,1379E-01	2,4365E+02	1,8401E+00
1,2365E+03	3,3851E+00	4,1331E-01	4,1331E-01	2,4365E+02	1,8333E+00
1,2424E+03	3,3851E+00	4,1283E-01	4,1283E-01	2,4365E+02	1,8265E+00
1,2483E+03	3,3851E+00	4,1235E-01	4,1235E-01	2,4365E+02	1,8198E+00
1,2542E+03	3,3851E+00	4,1188E-01	4,1188E-01	2,4365E+02	1,8132E+00
1,2601E+03	3,3851E+00	4,1141E-01	4,1141E-01	2,4365E+02	1,8067E+00
1,2660E+03	3,3851E+00	4,1094E-01	4,1094E-01	2,4365E+02	1,8002E+00
1,2719E+03	3,3851E+00	4,1048E-01	4,1048E-01	2,4365E+02	1,7937E+00
1,2778E+03	3,3851E+00	4,1002E-01	4,1002E-01	2,4365E+02	1,7873E+00
1,2837E+03	3,3851E+00	4,0956E-01	4,0956E-01	2,4365E+02	1,7810E+00
1,2896E+03	3,3851E+00	4,0911E-01	4,0911E-01	2,4365E+02	1,7747E+00
1,2955E+03	3,3851E+00	4,0866E-01	4,0866E-01	2,4365E+02	1,7685E+00
1,3014E+03	3,3851E+00	4,0821E-01	4,0821E-01	2,4365E+02	1,7623E+00
1,3073E+03	3,3851E+00	4,0777E-01	4,0777E-01	2,4365E+02	1,7562E+00
1,3132E+03	3,3851E+00	4,0733E-01	4,0733E-01	2,4365E+02	1,7502E+00
1,3191E+03	3,3851E+00	4,0689E-01	4,0689E-01	2,4365E+02	1,7442E+00
1,3250E+03	3,3851E+00	4,0645E-01	4,0645E-01	2,4365E+02	1,7382E+00
1,3309E+03	3,3851E+00	4,0602E-01	4,0602E-01	2,4365E+02	1,7323E+00
1,3368E+03	3,3851E+00	4,0559E-01	4,0559E-01	2,4365E+02	1,7264E+00
1,3427E+03	3,3851E+00	4,0516E-01	4,0516E-01	2,4365E+02	1,7206E+00
1,3486E+03	3,3851E+00	4,0474E-01	4,0474E-01	2,4365E+02	1,7149E+00
1,3545E+03	3,3851E+00	4,0432E-01	4,0432E-01	2,4365E+02	1,7092E+00
1,3604E+03	3,3851E+00	4,0390E-01	4,0390E-01	2,4365E+02	1,7035E+00
1,3663E+03	3,3851E+00	4,0348E-01	4,0348E-01	2,4365E+02	1,6979E+00

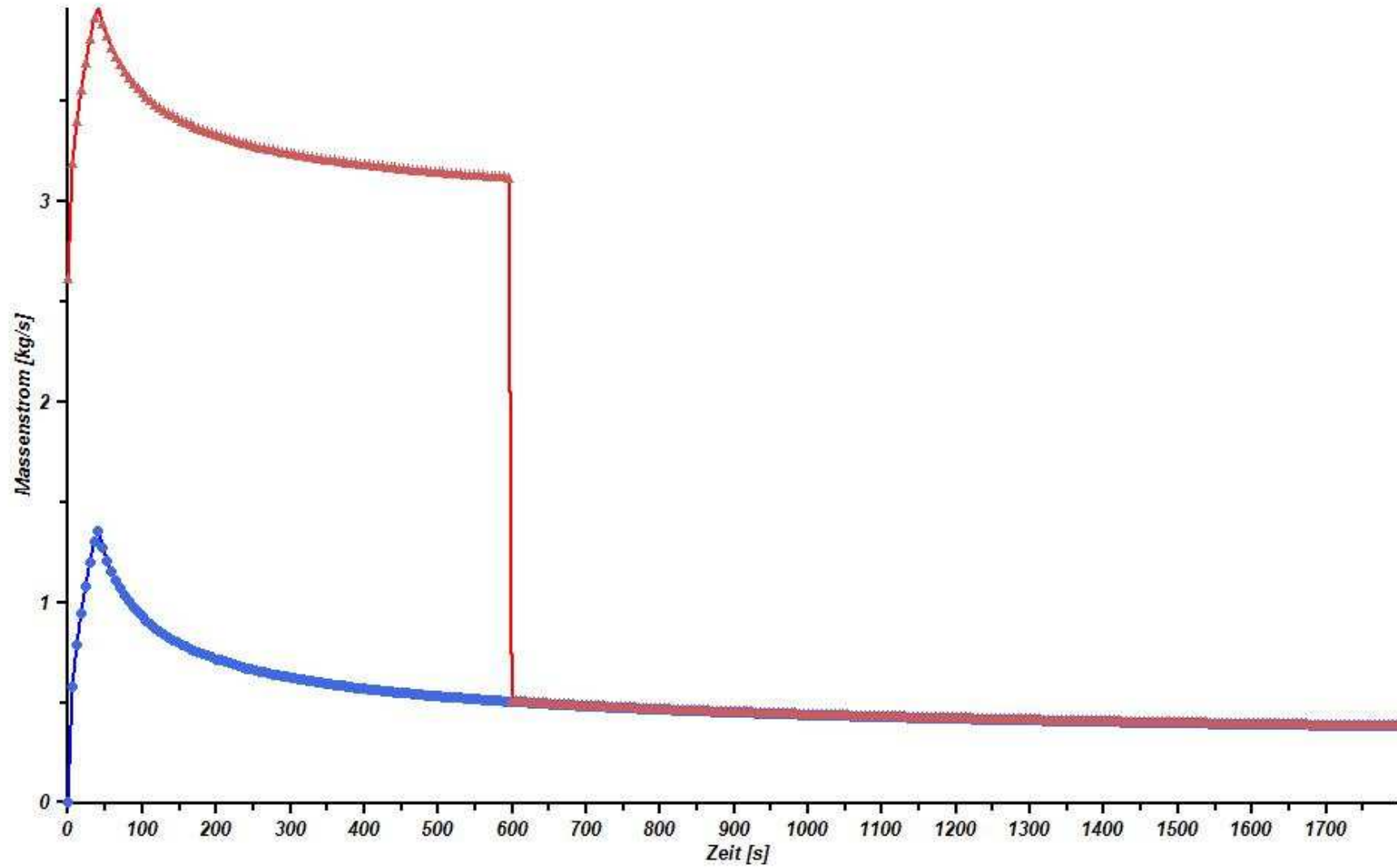
1,3722E+03	3,3851E+00	4,0307E-01	4,0307E-01	2,4365E+02	1,6923E+00
1,3781E+03	3,3851E+00	4,0266E-01	4,0266E-01	2,4365E+02	1,6868E+00
1,3840E+03	3,3851E+00	4,0225E-01	4,0225E-01	2,4365E+02	1,6813E+00
1,3899E+03	3,3851E+00	4,0185E-01	4,0185E-01	2,4365E+02	1,6759E+00
1,3958E+03	3,3851E+00	4,0145E-01	4,0145E-01	2,4365E+02	1,6705E+00
1,4017E+03	3,3851E+00	4,0105E-01	4,0105E-01	2,4365E+02	1,6652E+00
1,4076E+03	3,3851E+00	4,0065E-01	4,0065E-01	2,4365E+02	1,6599E+00
1,4135E+03	3,3851E+00	4,0025E-01	4,0025E-01	2,4365E+02	1,6546E+00
1,4194E+03	3,3851E+00	3,9986E-01	3,9986E-01	2,4365E+02	1,6494E+00
1,4253E+03	3,3851E+00	3,9947E-01	3,9947E-01	2,4365E+02	1,6442E+00
1,4312E+03	3,3851E+00	3,9908E-01	3,9908E-01	2,4365E+02	1,6391E+00
1,4371E+03	3,3851E+00	3,9870E-01	3,9870E-01	2,4365E+02	1,6340E+00
1,4430E+03	3,3851E+00	3,9831E-01	3,9831E-01	2,4365E+02	1,6290E+00
1,4489E+03	3,3851E+00	3,9793E-01	3,9793E-01	2,4365E+02	1,6239E+00
1,4548E+03	3,3851E+00	3,9755E-01	3,9755E-01	2,4365E+02	1,6190E+00
1,4607E+03	3,3851E+00	3,9718E-01	3,9718E-01	2,4365E+02	1,6140E+00
1,4666E+03	3,3851E+00	3,9680E-01	3,9680E-01	2,4365E+02	1,6091E+00
1,4725E+03	3,3851E+00	3,9643E-01	3,9643E-01	2,4365E+02	1,6043E+00
1,4784E+03	3,3851E+00	3,9606E-01	3,9606E-01	2,4365E+02	1,5995E+00
1,4843E+03	3,3851E+00	3,9570E-01	3,9570E-01	2,4365E+02	1,5947E+00
1,4902E+03	3,3851E+00	3,9533E-01	3,9533E-01	2,4365E+02	1,5899E+00
1,4961E+03	3,3851E+00	3,9497E-01	3,9497E-01	2,4365E+02	1,5852E+00
1,5020E+03	3,3851E+00	3,9461E-01	3,9461E-01	2,4365E+02	1,5805E+00
1,5079E+03	3,3851E+00	3,9425E-01	3,9425E-01	2,4365E+02	1,5759E+00
1,5138E+03	3,3851E+00	3,9389E-01	3,9389E-01	2,4365E+02	1,5713E+00
1,5197E+03	3,3851E+00	3,9354E-01	3,9354E-01	2,4365E+02	1,5667E+00
1,5256E+03	3,3851E+00	3,9319E-01	3,9319E-01	2,4365E+02	1,5622E+00
1,5315E+03	3,3851E+00	3,9284E-01	3,9284E-01	2,4365E+02	1,5577E+00
1,5374E+03	3,3851E+00	3,9249E-01	3,9249E-01	2,4365E+02	1,5532E+00
1,5433E+03	3,3851E+00	3,9214E-01	3,9214E-01	2,4365E+02	1,5488E+00
1,5492E+03	3,3851E+00	3,9180E-01	3,9180E-01	2,4365E+02	1,5444E+00
1,5551E+03	3,3851E+00	3,9145E-01	3,9145E-01	2,4365E+02	1,5400E+00
1,5610E+03	3,3851E+00	3,9111E-01	3,9111E-01	2,4365E+02	1,5356E+00
1,5669E+03	3,3851E+00	3,9078E-01	3,9078E-01	2,4365E+02	1,5313E+00
1,5728E+03	3,3851E+00	3,9044E-01	3,9044E-01	2,4365E+02	1,5271E+00
1,5787E+03	3,3851E+00	3,9011E-01	3,9011E-01	2,4365E+02	1,5228E+00
1,5846E+03	3,3851E+00	3,8977E-01	3,8977E-01	2,4365E+02	1,5186E+00

1,5905E+03	3,3851E+00	3,8944E-01	3,8944E-01	2,4365E+02	1,5144E+00
1,5964E+03	3,3851E+00	3,8911E-01	3,8911E-01	2,4365E+02	1,5102E+00
1,6023E+03	3,3851E+00	3,8879E-01	3,8879E-01	2,4365E+02	1,5061E+00
1,6082E+03	3,3851E+00	3,8846E-01	3,8846E-01	2,4365E+02	1,5020E+00
1,6141E+03	3,3851E+00	3,8814E-01	3,8814E-01	2,4365E+02	1,4979E+00
1,6200E+03	3,3851E+00	3,8781E-01	3,8781E-01	2,4365E+02	1,4939E+00
1,6259E+03	3,3851E+00	3,8749E-01	3,8749E-01	2,4365E+02	1,4899E+00
1,6318E+03	3,3851E+00	3,8718E-01	3,8718E-01	2,4365E+02	1,4859E+00
1,6377E+03	3,3851E+00	3,8686E-01	3,8686E-01	2,4365E+02	1,4819E+00
1,6436E+03	3,3851E+00	3,8654E-01	3,8654E-01	2,4365E+02	1,4780E+00
1,6495E+03	3,3851E+00	3,8623E-01	3,8623E-01	2,4365E+02	1,4741E+00
1,6554E+03	3,3851E+00	3,8592E-01	3,8592E-01	2,4365E+02	1,4702E+00
1,6613E+03	3,3851E+00	3,8561E-01	3,8561E-01	2,4365E+02	1,4664E+00
1,6672E+03	3,3851E+00	3,8530E-01	3,8530E-01	2,4365E+02	1,4626E+00
1,6731E+03	3,3851E+00	3,8499E-01	3,8499E-01	2,4365E+02	1,4588E+00
1,6790E+03	3,3851E+00	3,8469E-01	3,8469E-01	2,4365E+02	1,4550E+00
1,6849E+03	3,3851E+00	3,8439E-01	3,8439E-01	2,4365E+02	1,4512E+00
1,6908E+03	3,3851E+00	3,8408E-01	3,8408E-01	2,4365E+02	1,4475E+00
1,6967E+03	3,3851E+00	3,8378E-01	3,8378E-01	2,4365E+02	1,4438E+00
1,7026E+03	3,3851E+00	3,8349E-01	3,8349E-01	2,4365E+02	1,4401E+00
1,7085E+03	3,3851E+00	3,8319E-01	3,8319E-01	2,4365E+02	1,4365E+00
1,7144E+03	3,3851E+00	3,8289E-01	3,8289E-01	2,4365E+02	1,4329E+00
1,7203E+03	3,3851E+00	3,8260E-01	3,8260E-01	2,4365E+02	1,4293E+00
1,7262E+03	3,3851E+00	3,8231E-01	3,8231E-01	2,4365E+02	1,4257E+00
1,7321E+03	3,3851E+00	3,8201E-01	3,8201E-01	2,4365E+02	1,4221E+00
1,7380E+03	3,3851E+00	3,8172E-01	3,8172E-01	2,4365E+02	1,4186E+00
1,7439E+03	3,3851E+00	3,8144E-01	3,8144E-01	2,4365E+02	1,4151E+00
1,7498E+03	3,3851E+00	3,8115E-01	3,8115E-01	2,4365E+02	1,4116E+00
1,7557E+03	3,3851E+00	3,8086E-01	3,8086E-01	2,4365E+02	1,4081E+00
1,7616E+03	3,3851E+00	3,8058E-01	3,8058E-01	2,4365E+02	1,4047E+00
1,7675E+03	3,3851E+00	3,8030E-01	3,8030E-01	2,4365E+02	1,4013E+00
1,7734E+03	3,3851E+00	3,8002E-01	3,8002E-01	2,4365E+02	1,3979E+00
1,7793E+03	3,3851E+00	3,7974E-01	3,7974E-01	2,4365E+02	1,3945E+00
1,7852E+03	3,3851E+00	3,7946E-01	3,7946E-01	2,4365E+02	1,3912E+00
1,7911E+03	3,3851E+00	3,7918E-01	3,7918E-01	2,4365E+02	1,3878E+00
1,7970E+03	3,3851E+00	3,7891E-01	3,7891E-01	2,4365E+02	1,3845E+00

Gesamte gasförmige Masse [kg]:

2489,135

● *Verdampfter Massenstrom* ▲ *Gasförmiger Gesamtmassenstrom*



VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:11:19

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabeparameter

Standortparameter:

Ausbreitungsgebiet:	Ausbreitungsgebiet XIX: Gleichförmige Bebauung Typ 1
Rauhigkeitsklasse [-]:	5,00
Rauhigkeitshöhe [m]:	1,20

mittlere Bebauungshöhe [m]: 2,0000E+01
 Quellparameter der Punktquelle:
 Quellabmessungen:
 XQ [m]: 0,0000E+00
 YQ [m]: 0,0000E+00
 ZQ [m]: 0,0000E+00
 Quellhöhe [m]: 1,2000E+00
 Emissionsdauer [s]: 1,7970E+03

Emissionsverlauf:

Stützstelle	Zeit n. Emissionsbeginn	Quellstärke
-	[s]	g/s
1,0000E+00	2,4010E+01	3,1506E+03
2,0000E+00	4,1400E+01	3,1520E+03
3,0000E+00	6,7460E+01	3,1552E+03
4,0000E+00	9,4182E+01	3,6285E+03
5,0000E+00	1,2113E+02	3,5139E+03
6,0000E+00	1,4805E+02	3,4378E+03
7,0000E+00	1,7449E+02	3,3829E+03
8,0000E+00	2,0080E+02	3,3411E+03
9,0000E+00	2,2790E+02	3,3071E+03
1,0000E+01	2,5504E+02	3,2786E+03
1,1000E+01	2,8216E+02	3,2546E+03
1,2000E+01	3,0929E+02	3,2341E+03
1,3000E+01	3,3643E+02	3,2162E+03
1,4000E+01	3,6359E+02	3,2004E+03
1,5000E+01	3,9075E+02	3,1864E+03
1,6000E+01	4,1792E+02	3,1739E+03
1,7000E+01	4,4509E+02	3,1625E+03
1,8000E+01	4,7227E+02	3,1522E+03
1,9000E+01	4,9945E+02	3,1427E+03
2,0000E+01	5,2663E+02	3,1341E+03
2,1000E+01	5,5382E+02	3,1261E+03
2,2000E+01	5,8100E+02	3,1186E+03
2,3000E+01	6,0819E+02	1,8072E+03

2,4000E+01	6,3538E+02	4,9617E+02
2,5000E+01	6,6257E+02	4,9014E+02
2,6000E+01	6,8976E+02	4,8447E+02
2,7000E+01	7,1696E+02	4,7914E+02
2,8000E+01	7,4415E+02	4,7410E+02
2,9000E+01	7,7134E+02	4,6934E+02
3,0000E+01	7,9854E+02	4,6483E+02
3,1000E+01	8,2573E+02	4,6055E+02
3,2000E+01	8,5293E+02	4,5648E+02
3,3000E+01	8,8012E+02	4,5260E+02
3,4000E+01	9,0732E+02	4,4890E+02
3,5000E+01	9,3452E+02	4,4537E+02
3,6000E+01	9,6171E+02	4,4199E+02
3,7000E+01	9,8891E+02	4,3875E+02
3,8000E+01	1,0161E+03	4,3565E+02
3,9000E+01	1,0433E+03	4,3266E+02
4,0000E+01	1,0705E+03	4,2980E+02
4,1000E+01	1,0977E+03	4,2704E+02
4,2000E+01	1,1249E+03	4,2439E+02
4,3000E+01	1,1521E+03	4,2183E+02
4,4000E+01	1,1793E+03	4,1936E+02
4,5000E+01	1,2065E+03	4,1698E+02
4,6000E+01	1,2337E+03	4,1467E+02
4,7000E+01	1,2609E+03	4,1244E+02
4,8000E+01	1,2881E+03	4,1029E+02
4,9000E+01	1,3153E+03	4,0820E+02
5,0000E+01	1,3425E+03	4,0618E+02
5,1000E+01	1,3697E+03	4,0421E+02
5,2000E+01	1,3969E+03	4,0231E+02
5,3000E+01	1,4241E+03	4,0046E+02
5,4000E+01	1,4513E+03	3,9867E+02
5,5000E+01	1,4785E+03	3,9692E+02
5,6000E+01	1,5057E+03	3,9522E+02
5,7000E+01	1,5329E+03	3,9357E+02
5,8000E+01	1,5601E+03	3,9196E+02

5,9000E+01	1,5873E+03	3,9040E+02
6,0000E+01	1,6145E+03	3,8887E+02
6,1000E+01	1,6417E+03	3,8738E+02
6,2000E+01	1,6689E+03	3,8593E+02
6,3000E+01	1,6961E+03	3,8452E+02
6,4000E+01	1,7233E+03	3,8313E+02
6,5000E+01	1,7505E+03	3,8178E+02
6,6000E+01	1,7777E+03	3,8047E+02
6,7000E+01	1,7970E+03	3,7936E+02

Rechnung nach VDI 3783 Blatt 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:11:19

Ausbreitungsgebiet: Ausbreitungsgebiet XIX: Gleichförmige Bebauung Typ 1

Freigesetzte Masse insgesamt [g]:	2440022,0000
Berechnete Freisetzungsort: kontinuierlich	
Char. Länge Lcc [m]:	0,434
Char. Geschwindigkeit U _c [m/s]:	3,998
Char. Zeitmaß [s]	0,108
Höhe [m]:	4,77
Abstand [m]:	9,11

mittlere Ausbreitungssituation:

Untere Zünddistanz: -

Es soll der Windeinfluss berücksichtigt werden.

Da es sich aber um eine kontinuierliche Freisetzung handelt, ist dies nicht möglich.

Kopplungspunkt [m]:	3,2526E+01
Mindestwert für 1. Aufpunkt [m]:	1,6263E+02

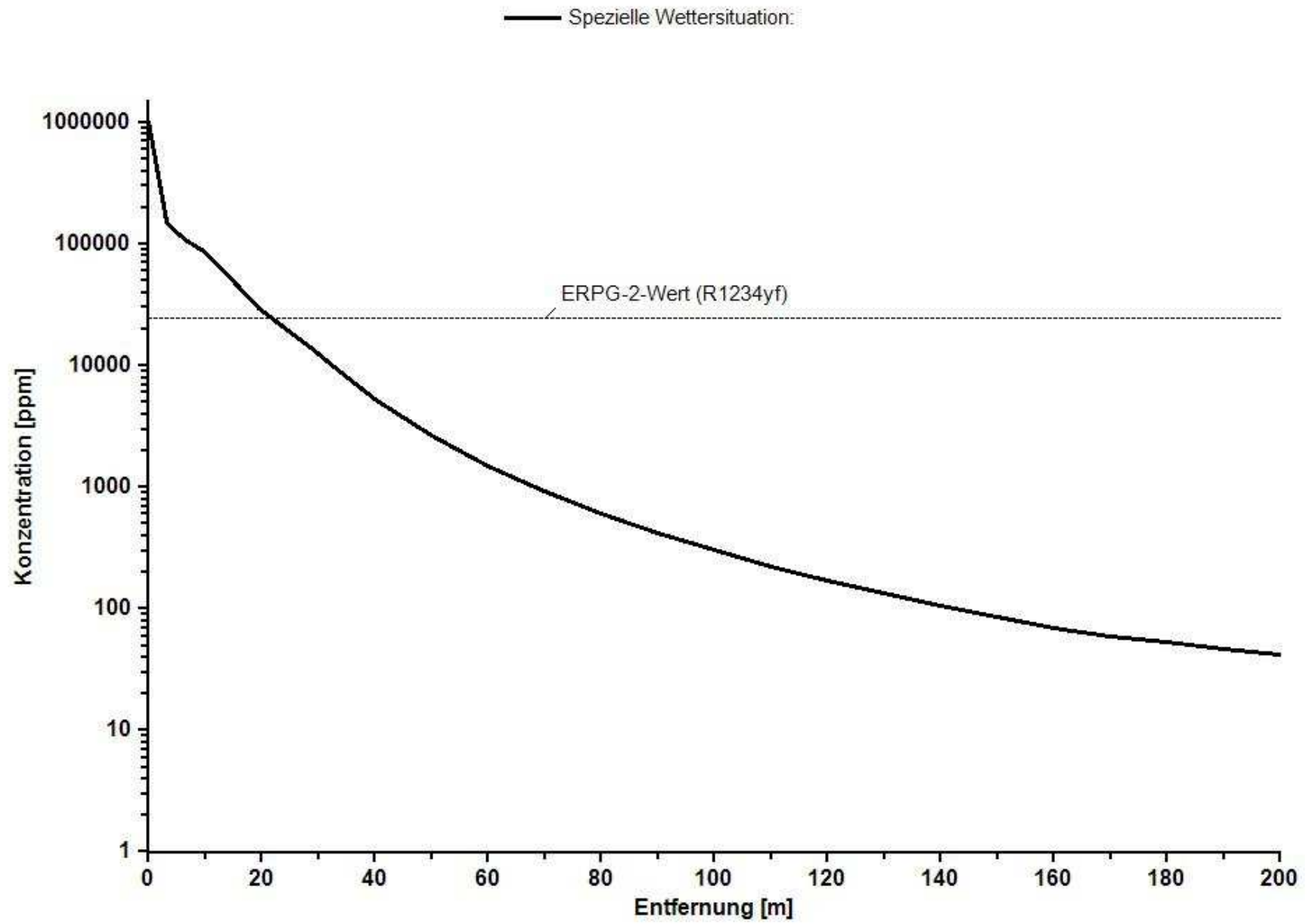
ungünstigste Ausbreitungssituation:

Untere Zünddistanz: -

Kopplungspunkt [m]: 5,1174E+01
Mindestwert für 1. Aufpunkt [m]: 2,5587E+02

Gaskonzentration am Kopplungspunkt: [mg/m**3]: 4,8261E+04

Die weitere Ausbreitung wird nach Blatt 1 berechnet.



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 5

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– Explosion R1234yf / Luft-Gemisch

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:20:52

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:

Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,000

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005
Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn
Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]:	25,0
Gesamtdruckdifferenz [bar]:	4,906
Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]:	8,549
Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]:	0,000
Flash-Verdampfung [kg/s]:	2,609
Massenstrom für die Lachenbildung [kg/s]:	5,940
Gesamter gasförmiger Massenstrom [kg/s]:	2,609

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:21:34

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabeparameter

Gasart: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)	
Siedepunkt [°C]:	-29,50
Normdichte [kg/m ³]:	5,09
Untere Zündgrenze [Vol.-%]:	6,20

Obere Zündgrenze [Vol.-%]: 12,30
Freisetzungsform: unter Druck verflüssigt
Ausbreitungsgebiet: Ausbreitungsgebiet XIX: Gleichförmige Bebauung Typ 1

Emissionsverlauf:

Stützstelle	Zeit nach Emissionsbeginn	Massenstrom
-	[s]	[kg/s]
1,0000E+00	0,0000E+00	8,5500E+00
2,0000E+00	6,0000E+02	8,5500E+00

Ergebnis

Der Störfall wurde gemäß Abschnitt 3.3 der VDI-Richtlinie 3783 Blatt2
als KONTINUIERLICHER Störfall behandelt

Es ist mit folgenden unteren Zündabständen zu rechnen:

Mittlere Ausbreitungssituation [m]:	1,8122E+01
Ungünstige Ausbreitungssituation [m]:	3,0552E+01

Die potentiell zündfähige Masse im Ausbreitungsgebiet beträgt im
mittleren Fall [kg]: 1,0007E+01
ungünstigen Fall [kg]: 4,6804E+01

Die Dimensionen der im Ausbreitungsgebiet stehenden Hindernisse

Berechnen sich mit Hilfe der charakteristischen Länge

LCC [m]:	0,61
Höhe [m]:	6,72
Abstand [m]:	12,83

Char. Geschwindigkeit [m/s]:	4,75
------------------------------	------

Berechnung einer Gasexplosion im Freien

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:23:46

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum:	11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	114,04
Isentropenexponent [-]:	1,077
Realgasfaktor [-]:	1,0
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	5,9185
Überdruck [bar]:	4,9055
Gasdichte [kg/m ³]:	32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]:	12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	7,752e-06
Temperaturklasse:	T1
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabedaten:

Gewählte Modelle:

Wiekema

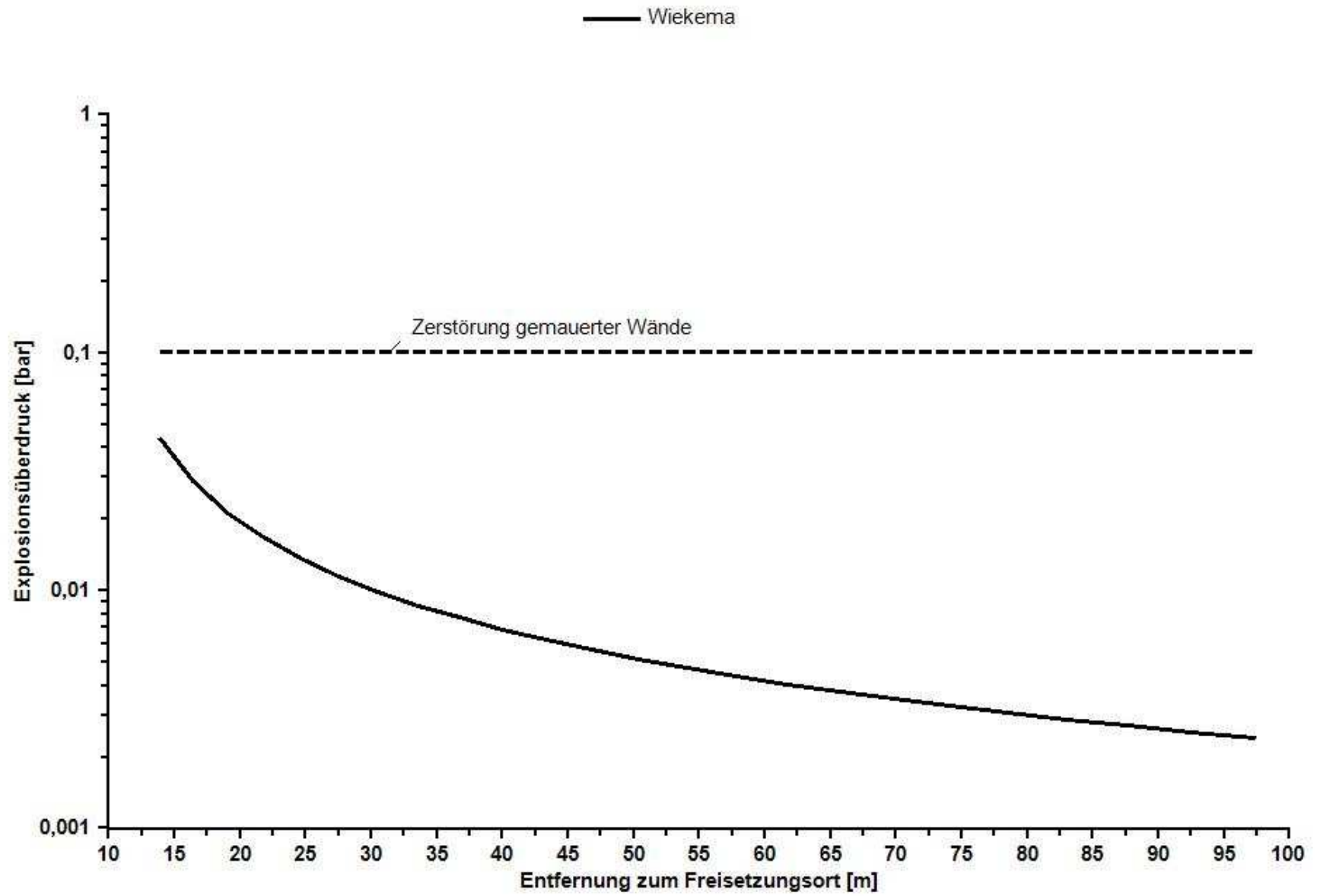
Explosionsfähige Masse [kg]: 10,01

Untere Zünddistanz der Gaswolke [m]: 18,10

Wiekema

Flammengeschwindigkeit [m/s]: 39,80

Abstand [m]	Überdruck [bar]	Impuls [Pa s]	tp [s]
1,3863E+01	4,4009E-02	2,3519E+02	1,0688E-01
1,6438E+01	2,8669E-02	1,5337E+02	1,0699E-01
1,9090E+01	2,1096E-02	1,1294E+02	1,0707E-01
2,1822E+01	1,6583E-02	8,8832E+01	1,0713E-01
2,4635E+01	1,3589E-02	7,2830E+01	1,0719E-01
2,7534E+01	1,1459E-02	6,1436E+01	1,0723E-01
3,0519E+01	9,8653E-03	5,2912E+01	1,0727E-01
3,3593E+01	8,6295E-03	4,6299E+01	1,0730E-01
3,6760E+01	7,6432E-03	4,1020E+01	1,0734E-01
4,0022E+01	6,8383E-03	3,6709E+01	1,0736E-01
4,3382E+01	6,1691E-03	3,3125E+01	1,0739E-01
4,6843E+01	5,6042E-03	3,0099E+01	1,0742E-01
5,0407E+01	5,1212E-03	2,7511E+01	1,0744E-01
5,4078E+01	4,7036E-03	2,5273E+01	1,0746E-01
5,7860E+01	4,3392E-03	2,3320E+01	1,0748E-01
6,1755E+01	4,0185E-03	2,1600E+01	1,0750E-01
6,5767E+01	3,7343E-03	2,0076E+01	1,0752E-01
6,9899E+01	3,4807E-03	1,8716E+01	1,0754E-01
7,4155E+01	3,2532E-03	1,7495E+01	1,0756E-01
7,8539E+01	3,0479E-03	1,6394E+01	1,0758E-01
8,3054E+01	2,8620E-03	1,5396E+01	1,0759E-01
8,7705E+01	2,6927E-03	1,4488E+01	1,0761E-01
9,2495E+01	2,5382E-03	1,3658E+01	1,0762E-01
9,7429E+01	2,3965E-03	1,2898E+01	1,0764E-01



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 6

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– Lachenbrand in Tanktasse

Berechnung der Wärmestrahlung bei einem Lachenbrand

Datum: 16 Nov 2020 ; 02:31:59

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Windgeschwindigkeit [m/s]: 0,00

Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
 relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,00
 Emissionsverhältnis des Strahlers [-]: 0,95
 Emissionsverhältnis des Empfängers [-]: 1,00
 Höhe des Empfängers [m]: 1,00
 Bestrahlungsstärke in sicherer Entf. [kW/m²]: 1,60

Ausgewähltes Modell Einstrahlzahl: Seeger

Ergebnisse:

Ausgewähltes Modell Abbrandgeschwindigkeit: Burges

Abbrandgeschwindigkeit [m/s]: 6,5841E-05
 Abbrandrate [kg/s m²]: 7,3107E-02
 Fester Lachendurchmesser
 Durchmesser der Lache [m]: 6,77
 Brandfläche [m²]: 3,5997E+01

Strahlungsmodell: Zylinderstrahlungsmodell

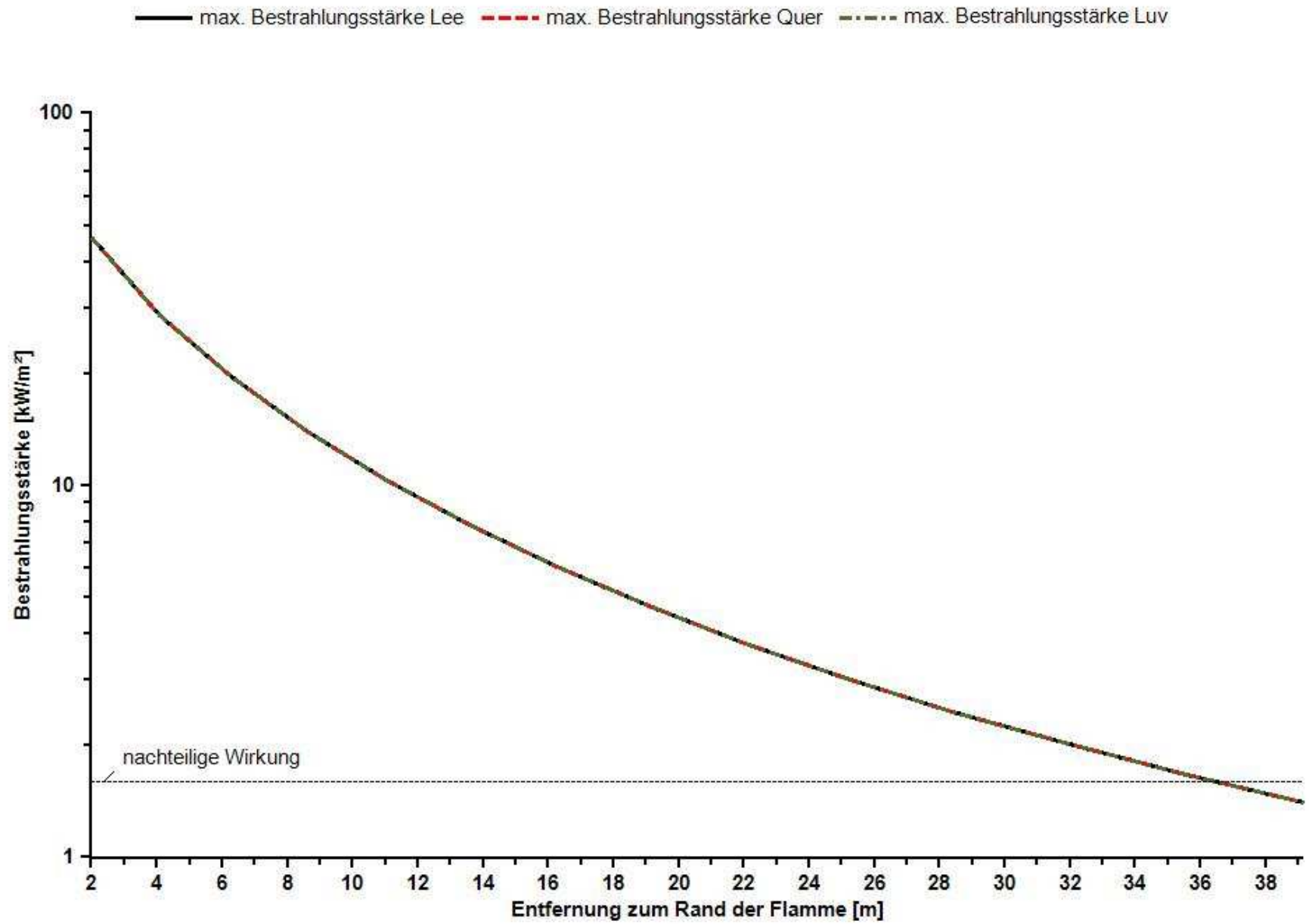
Strahlungsintensität [kW/m²]: 100,00
 dies entspricht einer mittleren Temperatur des Strahlers [K]: 1168,44

Modell Flammenlänge: Thomas/Moorhouse KAS 18

Flammenlänge [m]: 12,10

Abstand [m]	QLeeMax [kW/m ²]	QQuerMax [kW/m ²]	QLuvMax [kW/m ²]	W-Lee [%]	W-Quer [%]	W-Luv [%]
5,3850E+00	4,6379E+01	4,6379E+01	4,6379E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
7,4850E+00	2,8572E+01	2,8572E+01	2,8572E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
9,6900E+00	1,9512E+01	1,9512E+01	1,9512E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,2005E+01	1,3977E+01	1,3977E+01	1,3977E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,4436E+01	1,0328E+01	1,0328E+01	1,0328E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
1,6989E+01	7,8135E+00	7,8135E+00	7,8135E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00

1,9669E+01	6,0272E+00	6,0272E+00	6,0272E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,2483E+01	4,7265E+00	4,7265E+00	4,7265E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,5438E+01	3,7597E+00	3,7597E+00	3,7597E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
2,8541E+01	3,0277E+00	3,0277E+00	3,0277E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,1799E+01	2,4648E+00	2,4648E+00	2,4648E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,5219E+01	2,0257E+00	2,0257E+00	2,0257E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,8811E+01	1,6789E+00	1,6789E+00	1,6789E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
4,2582E+01	1,4019E+00	1,4019E+00	1,4019E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00



Anhang B.2
Berechnungsprotokoll
Szenario 7

Austritt von R1234yf im Bereich des Speichertanks der Kältemittelanlage
– Ausbreitung von Brandprodukt Fluorwasserstoff

Berechnung des freigesetzten flüssigen Massenstroms aus einem Leck oder Sicherheitsventil

Datum: 12 Nov 2020 ; 02:38:11

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff: 2.3.3.3-Tetrafluorpropen (R1234yf)
Bearbeitungsdatum: 11.11.2020
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]: 114,04
Isentropenexponent [-]: 1,077
Realgasfaktor [-]: 0,854
Temperatur [K]: 293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]: 5,9185
Überdruck [bar]: 4,9055
Gasdichte [kg/m³]: 32,44
Flüssigkeitsdichte [kg/m³]: 1110,366
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]: 1,3687
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]: 1,0185
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]: 154,31
Untere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 6,2
Obere Explosionsgrenze [Vol.-%]: 12,3
Unterer Heizwert [MJ/kg]: 8,0
Diffusionskoeffizient in Luft [m²/s]: 7,752e-06
Temperaturklasse: T1
Explosionsgruppe: Keine Angabe

Eingabedaten:
Leckfläche [mm²]: 490,000
Anzahl der Austrittsöffnungen [-]: 1
Umgebungstemperatur [°C]: 20,00
relative Luftfeuchtigkeit [%]: 75,000

Achtung: Berechnung nach KAS-18, Stand 2005

Berechnung der Ausflussziffer nach Geike/Horn

Ausflussziffer [-]: 0,62

Ausflussziffer Geike/Horn [-]: 0,53

Modell: Bernoulli

Flash-Verdampfung, kein Spray-Modell

Ergebnisse:

Durchmesser Leckfläche [mm]: 25,0

Gesamtdruckdifferenz [bar]: 4,906

Freigesetzter flüssiger Massenstrom [kg/s]: 8,549

Freigesetzter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 0,000

Flash-Verdampfung [kg/s]: 2,609

Massenstrom für die Lachenbildung [kg/s]: 5,940

Gesamter gasförmiger Massenstrom [kg/s]: 2,609

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 1 und 2

Datum: 12 Nov 2020 ; 03:02:21

Programm Version: 9.30.0

Stoffdaten:

Ausgewählter Stoff:	Fluorwasserstoff
Bearbeitungsdatum:	02.11.2016
Molare Masse (Gasphase) [g/mol]:	20,01
Isentropenexponent [-]:	1,325
Realgasfaktor [-]:	0,976
Temperatur [K]:	293,15
(Dampf)-Druck [bar-abs]:	1,0241
Überdruck [bar]:	0,0111
Gasdichte [kg/m ³]:	0,86
Flüssigkeitsdichte [kg/m ³]:	956,064
Wärmekapazität der Flüssigphase [kJ/kg K]:	2,565
Wärmekapazität der Gasphase [kJ/kg K]:	1,693
Verdampfungsenthalpie [kJ/kg]:	364,0
Unterer Heizwert [MJ/kg]:	5,19
Diffusionskoeffizient in Luft [m ² /s]:	2,195e-05
Temperaturklasse:	Keine Angabe
Explosionsgruppe:	Keine Angabe

Eingabeparameter

Standortparameter:

Rauhigkeitsklasse [-]:	5,00
Rauhigkeitshöhe [m]:	1,20
mittlere Bebauungshöhe [m]:	2,0000E+01
Quellparameter der Punktquelle:	
Quellabmessungen:	
XQ [m]:	0,0000E+00
YQ [m]:	0,0000E+00

ZQ [m]: 0,0000E+00
 Quellhöhe [m]: 1,2000E+00
 Emissionsdauer [s]: 6,0000E+02
 Quellstärke g/s 5997,000
 Freigesetzte Masse [g]: 3598200,00

Berechnung aller Immissionsdaten

Aufpunktkoordinaten:

XA [m]= 1,0000E+01
 YA [m]= 0,0000E+00
 ZA [m]= 2,0000E+00

Berechnungen für Aufpunkte mit Quellentfernungen unter 100 m
 oder Aufpunkte neben der Fahnenachse (YA<>0)
 entsprechen nicht der Richtlinie 3783 Blatt 1.

vorgegebene Ausbreitungssituation

Ausbreitungsklasse [-]: 2,0
 Schichtung: indifferent
 keine Inversion
 Windgeschwindigkeit in Anemometerhöhe [m/s]: 3,0000E+00
 Transportgeschwindigkeit [m/s]: 2,3438E+00
 Zeit [s] Konzentration [mg/m**3]

2,0	218,52
8,0	48745,36
14,0	50961,40
20,0	51189,71
26,0	51245,26
32,0	51265,60
38,0	51274,99
44,0	51280,01
50,0	51282,79
56,0	51284,39
62,0	51285,37
68,0	51285,99
74,0	51286,41

80,0	51286,69
86,0	51286,88
92,0	51287,02
98,0	51287,13
104,0	51287,20
110,0	51287,26
116,0	51287,31
122,0	51287,34
128,0	51287,37
134,0	51287,39
140,0	51287,41
146,0	51287,42
152,0	51287,43
158,0	51287,44
164,0	51287,45
170,0	51287,46
176,0	51287,46
182,0	51287,46
188,0	51287,47
194,0	51287,47
200,0	51287,48
206,0	51287,48
212,0	51287,48
218,0	51287,48
224,0	51287,48
230,0	51287,48
236,0	51287,48
242,0	51287,49
248,0	51287,49
254,0	51287,49
260,0	51287,49
266,0	51287,49
272,0	51287,49
278,0	51287,49
284,0	51287,49
290,0	51287,49
296,0	51287,49

302,0	51287,49
308,0	51287,49
314,0	51287,49
320,0	51287,49
326,0	51287,49
332,0	51287,49
338,0	51287,49
344,0	51287,49
350,0	51287,49
356,0	51287,49
362,0	51287,49
368,0	51287,49
374,0	51287,49
380,0	51287,49
386,0	51287,49
392,0	51287,49
398,0	51287,49
404,0	51287,49
410,0	51287,49
416,0	51287,49
422,0	51287,49
428,0	51287,50
434,0	51287,50
440,0	51287,50
446,0	51287,50
452,0	51271,99
458,0	51287,50
464,0	51287,50
470,0	51287,50
476,0	51287,50
482,0	51287,50
488,0	51287,50
494,0	51287,50
500,0	51287,50
506,0	51287,50
512,0	51287,50
518,0	51287,50

524,0	51287,50
530,0	51287,50
536,0	51287,50
542,0	51287,50
548,0	51287,50
554,0	51287,50
560,0	51287,50
566,0	51287,50
572,0	51287,50
578,0	51287,50
584,0	51287,50
590,0	51287,50
596,0	51287,50

höchste Konzentration [mg/m**3]:

Zeitpunkt [s]:

Dosis [mg*s/m**3]:

51287,5000

5,7500E+02

3,0448E+07

....

— Spezielle Wettersituation:

