



**Cercl'
Air**

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria
Swiss society of air protection officers

Cercl'Air-Empfehlung Nr. 31g Vollzugsblätter Emissionsüberwachung

Version Dezember 2023

Trocknungsanlagen für Grünfütter

Hilfsmittel zum Vollzug der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) bei stationären Anlagen

Trocknungsanlagen für Grünfütter

1 ORIENTIERUNG

1.1 GEMEINSAMES VERSTÄNDNIS DER FACHSTELLEN

Grünfütter wird für die Winterfütterung der landwirtschaftlichen Tiere neben der Silage oder der Bodentrocknung mithilfe von Heissluft-Trocknung konserviert. Eine Trocknungsanlage besteht aus Brenner, Ofen und Trocknungseinheit (z.B. Trommel-, Band- Horden oder Schachttrockner), den Nebenanlagen (Abluft der Förderluftpneumatik und Abluft der Würfelkühlung) sowie der Abluftreinigungseinrichtung (Zyklon, Gewebefilter, thermische Nachverbrennung). Bei Anlagen mit indirekter Heizung ist der Trocknungsprozess grundsätzlich schonender. Die Auslegung und damit verbundene Betriebsweise der Anlage hat einen signifikanten Einfluss auf die Emissionen. Die Anlagen emittieren vor allem Staub sowie flüchtige organische Verbindungen. Je nach Trocknungsgut und Trocknungstemperatur entstehen mehr oder weniger intensive Gerüche und je nach Standort der Anlage werden diese unterschiedlich wahrgenommen. Auch das Auftreten von störenden "blue haze – Effekten" ist bekannt. Die Beurteilung einer neuen oder einer sanierten Anlage ist deshalb in Bezug auf den Standort und auf die Trocknungsgüter vorzunehmen. Weiter sind die Betriebszeiten der Anlagen saisonal oft sehr unterschiedlich. Nebenanlagen (Abluft der Förderluftpneumatik, Abluft der Würfelkühlung) führen zu weiteren Emissionen von Staub.

Funktionsweisen

Indirekt:

Die indirekte Trocknung ergibt, im Gegensatz zu der direkten Trocknung, auf Grund der fehlenden Rauchgasentwicklung meist geringere Emissionswerte aus dem Trocknungsprozess. Die Abluft setzt sich überwiegend aus Luft, Wasserdampf, Partikeln und flüchtigen organischen Inhaltsstoffen zusammen. Es ist zu beachten, dass bei indirekter Trocknung zusätzliche Emissionen in einer Anlage zur Energieerzeugung entstehen. Es können zusätzliche Abgasreinigungsmassnahmen wie z.B. Staubabscheider erforderlich sein.

Direkt:

Befuerung durch Brenner direkt auf Trocknungstrommel. Bei direkt beheizten Trocknern werden zusätzlich zur indirekten Trocknung folgende Luftschadstoffe aus dem Trocknungsprozess emittiert: Flugasche, Abgase der Feuerung (Stickstoffoxid NO_x, Kohlenmonoxid CO, Kohlenwasserstoffe) und bei höheren Temperaturen Zersetzungsprodukte des Trocknungsguts. Durch die Auswahl der Brennstoffe werden insbesondere die Emissionen von NO_x, Staub oder auch SO₂ (bei Einsatz von Öl) direkt beeinflusst. So weisen die Abgase von Gasbrennern u.a. geringere NO_x Emissionen auf.

Anlagen mit Brüdenrückführung (UWTS oder ecoDry Verfahren):

Trocknung mit überhitztem Dampf. Der überhitzte Dampf wird im Kreis geführt und in einem Wärmetauscher erwärmt. Dabei wird ein Teilstrom aus dem Kreislauf ausgekoppelt und in die Feuerung geleitet. In der Feuerung wird ein Grossteil der Schadstoffe durch thermische Nachverbrennung vernichtet. Dabei werden insbesondere Kohlenwasserstoffe und Staub thermisch oxidiert. Die CO-Emissionen sind deutlich geringer, da in der Dampfatmosfera der Trocknungstrommel kein Produktabbbrand entsteht. Zudem sind auch geringere NO_x-Emissionen zu erwarten, da u.a. geringere Flammentemperaturen erforderlich sind (Reduktion thermisches NO_x) und aufgrund der besseren Energieausnutzung insgesamt weniger Brennstoff eingesetzt werden muss (Reduktion Brennstoff NO_x).

Trocknungsgut

Die Wahl des Trocknungsverfahrens hängt massgeblich von dem eingesetzten Trocknungsgut ab. Für faserige und sperrige Güter mit hohem Feuchtigkeitsgehalt wird die direkte Feuerung respektive direkte Trocknung mit Brändenrückführung eingesetzt:

- Gras
- Mais
- ganze Pflanze "Stengelpflanzen"

Für Schüttgut mit niedrigem Feuchtigkeitsgehalt eignet sich die indirekte Feuerung:

- Maisschrot
- Getreide
- Zuckerrübenschnitzel
- Malztreber und Obsttrester (bei direkter Befuerung: erhöhte Geruchsemissionen)

Feuchte des Ausgangsmaterials und Trocknungsgrad

Je trockener das Ausgangsmaterial ist desto weniger Wasser muss verdampft werden um den angestrebten Trocknungsgrad (Endfeuchte) des Trocknungsguts zu erreichen. Dies beudet je trockener das Ausgangsmaterial ist desto geringer ist der Energieaufwand (Brennstoffverbrauch -> Betriebskosten) sowie die aus dem Trocknungsprozess entstehenden Emissionen. Die Bestimmung der Restfeuchte der Produkte spielt bei der Trocknung eine zentrale Rolle. Wird mehr getrocknet als erforderlich steigt der Energieverbrauch erheblich an, einhergehend mit höheren Emissionsfrachten. In der Praxis bestimmt der Anlagenführer die Restfeuchte meist individuell nach Erfahrung. Eine exakte messtechnische Bestimmung der Restfeuchte kann der Reduktion von Energieverbrauch und Emissionen dienen.

Übersicht der Anzahl Trocknungsanlagen für Grünfütter* (Stand 2015 mit Anpassungen 2020):

Anzahl	BL/BS	SH	AR	AI	SG	GR	AG	TG	TI	VD
Direkt **	1	0	1	0	9	1	2	11	0	1
Indirekt **	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Anzahl	ZH	BE	LU	UR	SZ	OW	NW	GL	ZG	FR
Direkt **	4	16	9	0	0	0	0	0	2	3
Indirekt **	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Anzahl	SO	VS	NE	GE	JU	Schweiz	FL
Direkt **	0	0	0	0	0	60	1
Indirekt **	0	0	0	0	0	3	0

*) Zusätzlich gibt es eine Vielzahl von Heubelüftungsanlagen. In der Regel sind diese Anlagen in Bezug auf die LRV-Anforderungen nicht relevant und werden nur in Klagefällen kontrolliert.

***) Direkt / Indirekt beheizte Systeme

1.2 GELTUNGSBEREICH

Das Faktenblatt „Trocknungsanlagen für Grünfütter“ gilt für Anlagen zum Trocknen von Grün- bzw. Raufütter. Die LRV erwähnt explizit Gras, Maispflanzen und ähnliche Grünfütter sowie Trester, Kartoffeln und Zuckerrübenschnitzel. Die Nebenanlagen zur Trocknungsanlage (Abluft der Förderluftpneumatik, Abluft-Würfelkühlung) werden nach LRV Anhang 1 beurteilt. Grundsätzlich können aus dieser Vollzugshilfe keine Rechtsansprüche abgeleitet werden. Die Vollzugsbehörden können abweichende Massnahmen festlegen, wie beispielsweise Grenzwert-Verschärfungen.

1.3 RECHTLICHE UND TECHNISCHE GRUNDLAGEN

- Anhang 2, Ziffer 54 und Ziffer 81, LRV
- Anhang 1, Ziffer 23, 6, 7 und 8 LRV
- Anhang 1, Ziffer 41, LRV (gilt für die Nebenanlagen)
- Anhang 3, Ziffer 4, 5 und 6 (gelten für die Feuerungen der Trocknungsanlagen)
- Kantonale Bestimmungen (MPL)
Für diese Anlagegruppe sind in verschiedenen Kantonen verschärfte Grenzwerte festgelegt

1.4 EMISSIONSGRENZWERTE

1.4.1 Trocknungsanlagen für Grünfütter

Gesamtstaub:	Die staubförmigen Emissionen sind so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, mindestens aber auf 150 mg/m^3 (Anh. 2, Ziffer 542).
Verhältnis zu Ziffer 81:	Für Anlagen, in den Güter durch unmittelbare Berührung mit Feuerungsabgasen behandelt werden, gelten zusätzlich die Bestimmungen von Ziffer 81.
Kohlenmonoxid:	Es besteht kein Grenzwert, aber in der „Cercl'Air-Empfehlung Nr. 29“ wird ein Richtwert von 250 mg/m^3 bez. $17\% \text{ O}_2$ aufgeführt (Erfahrungswerte zeigen, dass dieser Wert bei guter Brennereinstellung klar unterschritten werden kann).
Stickoxide:	Für Anlagen mit direkter Trocknung gilt der Grenzwert von 250 mg/Nm^3 , 2.5 kg/h (Erfahrungswerte zeigen, dass dieser Wert bei guter Brennereinstellung klar unterschritten werden kann).

Hinweise:

Gesamtstaub:	150 mg/m^3 entspricht nicht mehr dem Stand der Technik. Die TA-Luft verlangt bei Altanlagen 75 mg/m^3 , bei Neuanlagen 60 mg/m^3 . Es gibt Anlagen, die durch den Einbau eines Abluftwäschers saniert wurden.
VOC:	Kantonale Messungen zeigen, dass bei Trocknungsanlagen für Grünfütter relevante VOC-Emissionen auftreten können. Grundsätzlich gelten die Grenzwerte gemäss Anhang 1 Ziffer 7 und 8 LRV. Für die FID-Messung kann ein Umrechnungsfaktor von 1 bis 2 eingesetzt werden (VOC-C → VOC-G).
Sauerstoff:	Das Abgas darf nicht stärker verdünnt werden, als dies technisch und betrieblich unvermeidlich ist (Anhang 1 Ziffer 23 LRV).
CO und Stickoxide:	Erfahrungswerte zeigen, dass dieser Wert bei guter Brennereinstellung klar unterschritten werden kann.

1.4.2 Öl-, Holz- und Gasfeuerungen der Trocknungsanlage

Bei indirekt beheizten Trocknern gelten für die Abgase aus den Feuerungsanlagen die Anforderungen gemäss Anhang 3 Ziffer 4, 5 oder 6 (je nach eingesetztem Brennstoff).

1.4.3 Nebenanlagen

Gesamtstaub: Beträgt der Massenstrom an Staub 0.20 kg/h oder mehr, so dürfen die staubförmigen Emissionen gesamthaft 20 mg/m³ nicht überschreiten (Anh. 1, Ziffer 41).

1.5 GERUCHSEMISSIONEN

Grundsätzlich dürfen keine übermässigen Gerüche¹ entstehen. In der Verfügung ist es empfehlenswert, auf die Geruchsemissionen hinzuweisen (Art. 4 LRV). Geruchsemissionen sind abhängig von der Art des Trocknungsgutes, von der Art der Filteranlage und von der Bedienung der Anlage (beim Anbrennen des Trocknungsgutes entstehen häufig problematische Geruchsemissionen).

Hinweis 1: Die VOC-Emissionen und damit auch die Geruchsemissionen entstehen vor allem bei zu klein dimensionierten Trommeln bei Anlagen mit direkter Trocknungsbehandlung, die am, oder über dem Limit der Kapazität mit zu hoher Temperatur und Brennerleistung gefahren werden.

Hinweis 2: Messungen¹ von Acetaldehyd und Formaldehyd an vereinzelt Anlagen weisen darauf hin, dass der Grenzwert gemäss Anh. 1, Ziffer 7, LRV von 20 mg/m³ überschritten werden kann.

1.6 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN NEUE UND BESTEHENDE ANLAGEN

Auf der Homepage [Verband Schweizerischer Trocknungs-Betriebe](#) ist das Know How zu technische Fragen rund um die Trocknungsanlagen, den Trocknungsprozess, Energiesparmassnahmen und die Fütterung beschrieben.

In der Schweiz sind hauptsächlich Anlagen mit direkter Befuerung im Einsatz. In der Regel sind es ältere Anlagen, die sanierungspflichtig werden. Für solche Anlagen sind in einem ersten Schritt Prozessoptimierungen (z.B Steuerung von Trocknereintrittstemperatur und Verweilzeit Trocknungsgut) anzuordnen. Eine periodische Wartung der Staubabscheidesysteme ist zu gewährleisten.

Weiter kann der Einbau von Multizyklonen oder einer Brüdenrückführung geprüft werden. Dabei wird ein Teil des Abluftstromes wieder in den Trocknungsprozess zurückgeführt, was zu einer erhöhten Energieeffizienz führt und die Emissionen senkt.

Bei Neuanlagen ist die Möglichkeit, die Anlage mit mindestens einer Stufe nach der Technik der indirekten Trocknung zu errichten, zu prüfen. Auch auf die korrekte (ausreichende) Dimensionierung der Trocknungsanlage (erforderliche Verdampfungsleistung etc.) ist zu achten. Anlagen die an der Kapazitätsgrenze betrieben werden erzeugen in der Regel höherer Emissionen. Des Weiteren ist die automatisierte Messung der Restfeuchte des Trocknungsgutes zu prüfen.

Als Ergänzung zu den technischen Massnahmen sind Aus- und Weiterbildungen des Personals empfehlenswert. Des Weiteren sind die technischen Anlagen gemäss Empfehlung des Lieferanten regelmässig auf die Funktionsfähigkeit zu kontrollieren und erforderliche Wartungsarbeiten durchzuführen.

¹ Geruchsimmissionen gelten als übermässig, wenn aufgrund einer Erhebung feststeht, dass sie einen wesentlichen Teil der Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stören (Artikel 2 Absatz 5 Buchstabe b, LRV, siehe auch „Empfehlung zur Beurteilung von Gerüchen, BAFU, Entwurf Dezember 2015“).

2 VOLLZUG

2.1 KRITERIEN FÜR DIE TRIAGE „BAGATELLE“ ODER „MESS-/KONTROLLPFLICHTIGE ANLAGE“

Grundsätzlich gibt es bei diesen Anlagen keine Bagatellen betreffend Mess- und Kontrollpflicht. Prinzipiell ist immer eine Abnahmemessung in Zusammenhang mit dem Bewilligungsverfahren durchzuführen.

2.2 ABNAHMEKONTROLLE/-MESSUNG

Für die Abnahmekontrolle der messpflichtigen Anlage wird eine VDI-Emissionsmessung verlangt. Die erste Messung inkl. einer eventuellen Kontrolle soll, wenn möglich innert drei, spätestens jedoch innert zwölf Monaten nach der Inbetriebnahme der neuen oder der sanierten Anlage erfolgen (Artikel 13, Absatz 2 LRV). Allfällige Nachmessungen sind ebenfalls VDI-Messungen. Das Messprogramm (Parameter, zu überprüfende Grenzwerte, Messdauer) ist nach der BAFU-Emissionsmessempfehlung² sowie nach der Cercl'Air-Empfehlung Nr. 29³ durchzuführen.

Die zuständige Behörde kann die Messung weiterer Parameter oder Langzeitmessungen verlangen.

2.3 PERIODISCHE KONTROLLE ODER MESSUNG

In der Regel muss die periodische Messung alle drei Jahre analog der Abnahmemessung erfolgen.

2.4 SANIERUNG

In einem ersten Schritt sollen die Möglichkeiten der Prozessoptimierung geprüft werden.

Anlagen, die die gelten Emissionsbegrenzungen nicht einhalten können müssen saniert werden (Art 8 LRV).

Die Sanierungsfrist wird im Einzelfall festgelegt.

² BAFU, Emissionsmessung bei stationären Anlagen, Emissions-Messempfehlungen, 2013.

³ Checklisten Emissionsmessungen, Hilfsmittel zu den Emissionsmessungen der gebräuchlichsten stationären messpflichtigen Anlagen der Luftreinhalte-Verordnung, Cercl'Air-Empfehlung Nr. 29, Version 6.7, 2013.

3 DATENABLAG

Für die Datenablage sollen folgende Kennzahlen festgehalten werden:

- Typ der Anlage sowie der Nebenanlagen, Fabrikat, Baujahr, Auslegung (max. Durchsatz, Verdampfungsleistung)
- Art des Trocknungsgutes
- Produktionsmenge pro Jahr (t/a)
- Betriebsstunden pro Jahr
- Typ der Wärmeerzeugung, eingesetzter Brennstoff
- Brennstoffverbrauch
- Art der Abluftreinigung
- Lage der Kamine/Abluftaustritte
- Messdaten von durchgeführten Emissionsmessungen
- Bei Neuanlagen: Garantierte Emissionswerte des Anlagelieferanten (sind häufig niedriger als die LRV-Grenzwerte) oder zu erwartende Emissionen
- Zuständiges Personal
- Beschrieb und Beurteilung der Messstelle bzgl. Konformität, Zugänglichkeit und Arbeitssicherheit
- Anlagenschema

4 WEITERE HINWEISE

- Die Ableitung der Abgase hat über Dach gemäss BAFU-Empfehlung über die Mindesthöhe von Kaminen über Dach zu erfolgen sofern die Anlage nicht in den Geltungsbereich von Anhang 6 LRV fällt.
- Gerüche: Im Klagefall Beurteilung gemäss [BAFU Empfehlung zur Beurteilung von Gerüchen](#)
- Homepage [Verband Schweizerischer Trocknungs-Betriebe](#)