

Sektion 6: Elektro-Weeding

Session 6: Electro weeding

Alternative Unkrautregulierung in Zuckerrüben – Überprüfung der Effizienz mechanischer und elektrischer Zwischenreihenbehandlung

Alternative weed control in sugar beet - verification of the efficiency of mechanical and electrical inter-row treatment

Manuel Bongard^{1*}, Verena Haberlah-Korr², Maximilian Koch¹

¹Zasso GmbH, Hirzenrott 12, 52076 Aachen

²FH-Südwestfalen, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

*Manuel.Bongard@zasso.com

DOI: 10.5073/20220124-063959

Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren wurde die Unkrautbekämpfung im Zuckerrübenanbau überwiegend mit chemischen Herbiziden durchgeführt. Die Neubewertung der Wirkstoffe führte zu einer Reduzierung der Wirkstoffe im Zuckerrübenanbau. In Verbindung mit zunehmenden Herbizidresistenzen der Unkräuter ist eine Veränderung des Unkrautmanagements notwendig.

In einem Feldversuch im Jahr 2020 wurde die Wirksamkeit chemischer, mechanischer und elektrischer Unkrautbekämpfungsmethoden verglichen. Die chemische Behandlung wurde als Flächenapplikation und Bandapplikation in Kombination mit mechanischen und elektrischen Verfahren eingesetzt. Das elektrische Verfahren besteht aus einem Frontapplikator und einer Energieversorgungseinheit und behandelt die Unkräuter mit Hochspannung.

Die Ergebnisse des Versuches deuten darauf hin, dass durch Kombinationen der Unkrautbekämpfungsverfahren der Gesamtwirkungsgrad gesteigert werden kann. Die Ergebnisse der elektrischen Unkrautkontrolle zeigen darüber hinaus, dass eine zweimalige Behandlung mit dem Verfahren für einen unkrautfreien Bestand ausreichend ist. Zusätzlich wird der Pflanzenschutzmitteleinsatz durch die kleinere Behandlungsfläche der Bandspritze reduziert. Dies kann in Zukunft den Einsatz von Herbiziden weiterhin ermöglichen. Für die Anwendung des elektrischen Verfahrens ist ein Umdenken in der Wahl des Behandlungszeitpunktes und der Häufigkeit erforderlich.

Stichwörter: Elektrophysikalische Unkrautkontrolle, Herbizide, Nicht-chemische Unkrautkontrolle, Zuckerrübe

Abstract

In the last few years, the weed control in sugar beet cultivation was mainly carried out with herbicides. The re-evaluation of active substances led to a reduction of herbicides in sugar beet cultivation. In conjunction with increasing herbicide resistance in weeds, a change in weed management is necessary.

In a field trial in 2020, the effectiveness of chemical, mechanical and electrical weed control methods was compared. Chemical application was used as a broadcast application and a band application in combination with mechanical and electrical methods. The electrical method consists of a front applicator and a supply unit and treats the weeds with high voltage.

The results of the field test indicate that the combination of weed control methods can increase the efficiency of the weed control. The results of the electric weed control also show that two treatments with the method are sufficient for a weed-free field. In addition, the use of plant protection products is reduced

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online
due to the smaller treatment area of the band spray, which may allow the use of herbicides to continue in the future. The use of the electric method requires a rethink in the choice of treatment timing and frequency.

Keywords: electrophysical weed control, herbicides, non-chemical weed control, sugar beet

Einleitung

Die Zuckerrübe zählt durch ihre hohe Wertschöpfung und die positiven pflanzenbaulichen Eigenschaften zu den wichtigsten Kulturpflanzen in der Agrarwirtschaft. Um die Erträge der Zuckerrübe abzusichern, ist in Folge der langsamen Jugendentwicklung und des späten Bestandesschlusses ein umfangreiches Unkrautmanagement notwendig (LADEWIG et al., 2018). Im konventionellen Zuckerrübenanbau ist die chemische Unkrautkontrolle der wichtigste Baustein, dennoch befindet sich dieses Verfahren seit einigen Jahren in einem starken Wandel. Viele Wirkstoffe verlieren ihre Zulassung auf Grund einer verschärften Bewertung. Beispielsweise wurde dem blattaktiven Wirkstoff Desmedipham im Jahr 2020 die Zulassung entzogen (BVL, 2019). Somit ist ein weiterer Wirkstoff für ein effektives Resistenzmanagement weggefallen. Der Zuckerrübenanbau steht vor der Herausforderung mit reduzierten Möglichkeiten eine effektive Unkrautbekämpfung zu gewährleisten und die Erträge abzusichern.

In dem Versuch wurde die Wirkung von „Chemisch“, „Chemisch-Mechanisch“ und „Chemisch-Elektrisch“ Verfahren auf die Unkrautentwicklung untersucht. Zusätzlich wurde die Auswirkung der Verschiebung des Applikationszeitpunkts des „Chemisch-Elektrisch“ Verfahren auf das Unkrautspektrum untersucht. Die elektrische Unkrautkontrolle wurde dazu im Voraufbau als flächige Behandlung und erstmalig im Nachaufbau zur Zwischenreihenbehandlung in Zuckerrüben im Jahr 2020 eingesetzt (KOCH et al., 2020a). Die elektrische Unkrautkontrolle basiert auf der Abtötung der Unkrautpflanzen mittels Hochspannung von 7000 V. Der Strom wird von den positiven Elektroden in die Unkräuter geleitet. In den Unkräutern fließt der Strom durch die Gefäßbündel bis in die Wurzeln der Pflanzen, über den Boden und wird von der negativen Elektrode wieder aufgenommen. Die Unkräuter werden durch den Strom irreversibel geschädigt (KOCH et al., 2020b).

Material und Methoden

Der Feldversuch zur Überprüfung der Effizienz der mechanischen und elektrischen Zwischenreihenbehandlung wurde im Jahr 2020 auf zwei Standorten in Euskirchen in Nordrhein-Westfalen (NRW) und in Kirschgartshausen in Rheinland-Pfalz angelegt. Im Weiteren werden die Versuchsdaten und Ergebnisse des Standort Euskirchen erläutert. Die Versuchsdaten und Ergebnisse des Standortes Kirschgartshausen werden nicht aufgeführt, da sich der Versuchsaufbau vom Standort Euskirchen differenziert. Das Jahr 2020 war durch eine sehr trockene Witterung im Zeitraum April und Mai geprägt. In diesem Zeitraum konnte lediglich ein Niederschlag von 22 % im Vergleich zum 30-jährigen Mittel festgestellt werden (WETTER KONTOR, 2020).

Am Standort in Euskirchen wurde der Versuch auf einem sandigen Lehm, nach der Zwischenfruchtmischung „Aqua Pro“ im Mulchsaatverfahren angelegt. Der Versuch wurde dazu als randomisierte Blockanlage mit jeweils 3 Wiederholungen in den Ackerschlag integriert. In Saat- und Bearbeitungsrichtung wurden die Parzellen mit einer Größe von 5,4 m x 30 m angelegt. Es wurden in jede Parzelle zwei Boniturfenster mit jeweils einer Größe von 9 m x 0,9 m integriert. Die visuelle Bonitur erfolgte ca. 14 Tage nach jeder Nachaufbaubehandlung (NAK). Dabei wurden die Unkräuter zwischen und in der Reihe gemeinsam gezählt. Vor dem Auflaufen der Zuckerrübe wurde im Voraufbau in den Varianten 4 und 5, das Electroherb™-Verfahren als Flächenapplikation eingesetzt (KOCH et al., 2020b). Die Applikation der chemischen Variante erfolgte zu NAK 1 und NAK 2 mit der Flächenspritze und zu NAK 3 mit einer Unterblattspritze. Mit einer Hacke wurde der Zwischenreihenbereich in der „Chemisch-Mechanisch“ Variante bearbeitet. Für die

30. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 22. – 24. Februar 2022 online elektrische Unkrautbekämpfung wurde das Electroherb™-Verfahren (EH) genutzt (Tab. 1). Die mechanische und elektrische Unkrautkontrolle im Zwischenreihenbereich ist in Kombination mit einer Bandspritze im Reihenbereich eingesetzt worden. Das Band wurde mittig über die Reihe mit einer Breite von 25 cm abgelegt. Angewendet wurde die Bandspritzung im absetzigen Verfahren.

Tabelle 1 Versuchsplan für den Versuchsstandort Euskirchen in Zuckerrüben im Jahr 2020

Table 1 Trial plan for the field test in Euskirchen in sugar beet in 2020

Variante	Vorauflauf	NAK 1	NAK 2	NAK 3
	03.04.2020	27.04.2020	13.05.2020	26.05.2020
	BBCH 00	BBCH 14	BBCH 17	BBCH 19
Kontrolle	/	/	/	/
Chemisch	/	Flächenspritzung	Flächenspritzung	Unterblattspritzung
Chemisch - Mechanisch	/	Hacke + Band	Hacke + Band	Hacke + Band
3 x Chemisch-Elektrisch	EH-Fläche* ¹	EH-Reihe* ² + Band	EH-Reihe + Band	EH-Reihe + Band
2 x Chemisch-Elektrisch	EH-Fläche	/	EH-Reihe + Band	EH-Reihe + Band

*¹EH-Fläche = Electroherb™-Flächenbehandlung

*²EH-Reihe = Electroherb™-Zwischenreihenbehandlung

Das Electroherb™-Verfahren zur Zwischenreihenbehandlung setzt sich aus zwei Einheiten, der Energieversorgungseinheit und dem Frontapplikator zusammen (Abb. 1). Der Frontapplikator besteht aus mehreren Sektionen, die Unkräuter im Zwischenreihenbereich behandeln. Die Applikatoren bestehen aus zwei positiven und einer negativen Elektrodenreihe.



Abbildung 1 XPR-Reihenapplikator bestehend aus Frontapplikator und Energieversorgungseinheit der Firma Zasso (Zasso, 2021).

Figure 1 XPR row applicator consisting of front applicator and energy supply unit from Zasso, (Zasso, 2021).

Entsprechend der Leitverunkrautung wurden die Herbizide zur Nachauflaufbehandlung eingesetzt (Tab. 2). Bei den chemischen Herbiziden wurden die Wirkstoffe Metamitron, Quinmerac, Phenmedipham, Desmedipham, Ethofumesat, Trisulfuron und Dimethenamid- P eingesetzt. Die in der Tabelle 2 aufgeführten Herbizidmischungen wurden bei allen chemischen Applikationsverfahren mit den identischen Aufwandmengen ausgebracht.

Tabelle 2 Angewendete Herbizide zu den drei Nachauflaufbehandlungen im Versuch Euskirchen 2020**Table 2** Used herbicides for the three post-emergence treatments, Euskirchen 2020

	Herbizid (l/ha)	Wirkstoff (g ai/ha)
NAK 1	Goltix Titan (1,75)	Metamitron (918,8), Quinmerac (69,8)
	+ Betasana Trio (1,75)	Phenmedipham (131,3), Ethofumesat (201), Desmedipham (26,0)
NAK 2	Betasana 160 SC (1,5)	Phenmedipham (240)
	+ Etho 500 (0,7)	Ethofumesat (350)
	+ Goltix 700 (1,0)	Metamitron (700)
	+ Debut (0,2)	Trisulfuron (9,7)
NAK 3	Metafol (0,55)	Metamitron (383)
	+ Betasana Trio (1,1)	Phenmedipham (82,5), Ethofumesat (126,5), Desmedipham (16,5)
	+ Betasana 160 SC (1,1)	Phenmedipham (176)
	+ Spectrum (0,45)	Dimethenamid-P (324)
	+ Debut (0,2)	Trisulfuron (9,7)

Ergebnisse

Die im Feldversuch aufgetretenen Leitunkräuter bestanden aus Weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*, CHEAL), Windenknöterich (*Polygonum convolvulus*, POLCO), Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*, CIRAR) und Einjährigem Bingelkraut (*Mercurialis annua*, MERAN) (Abb. 2). Die Restverunkrautung („Rest“) setzte sich aus dikotylen und monokotylen Pflanzen zusammen. Durch die Frühjahrstrockenheit liefen die Zuckerrüben verzettelt und die Unkräuter unregelmäßig auf. Ab der ersten NAK stieg die Gesamtverunkrautung in der Kontrolle bis 80 Tage nach Aussaat auf 155 Unkräuter pro 10 m² an. Im Versuchsverlauf veränderte sich das Unkrautspektrum und der Weiße Gänsefuß dominierte mit über 70 % das Unkrautspektrum in den Kontroll- und Behandlungsparzellen. Durch den starken Zuwachs von CHEAL zu Reihenschluss der Zuckerrübe in der Kontrolle, stieg die Dominanz auf 100 % und die Begleitunkräuter wurden vollständig unterdrückt. Die chemische Variante wies bereits nach der ersten Nachauflaufbehandlung einen erhöhten Unkrautdruck von 15 Unkräutern pro 10 m² im Vergleich zur „Chemisch-Mechanisch“ und „Chemisch-Elektrisch“ Variante auf (Abb. 2). Zur zweiten NAK stieg die Anzahl der Unkräuter weiterhin auf 26 Unkräuter pro 10 m² an. Zur dritten NAK und zur Bonitur der Spätverunkrautung war eine Reduktion des Unkrautaufkommens festzustellen.

In der „Chemisch-Mechanisch“ und „Chemisch-Elektrisch“ Variante wurde der Unkrautdruck während des gesamten Versuchszeitraums auf unter 10 Unkräutern pro 10 m² reguliert (Abb. 2).

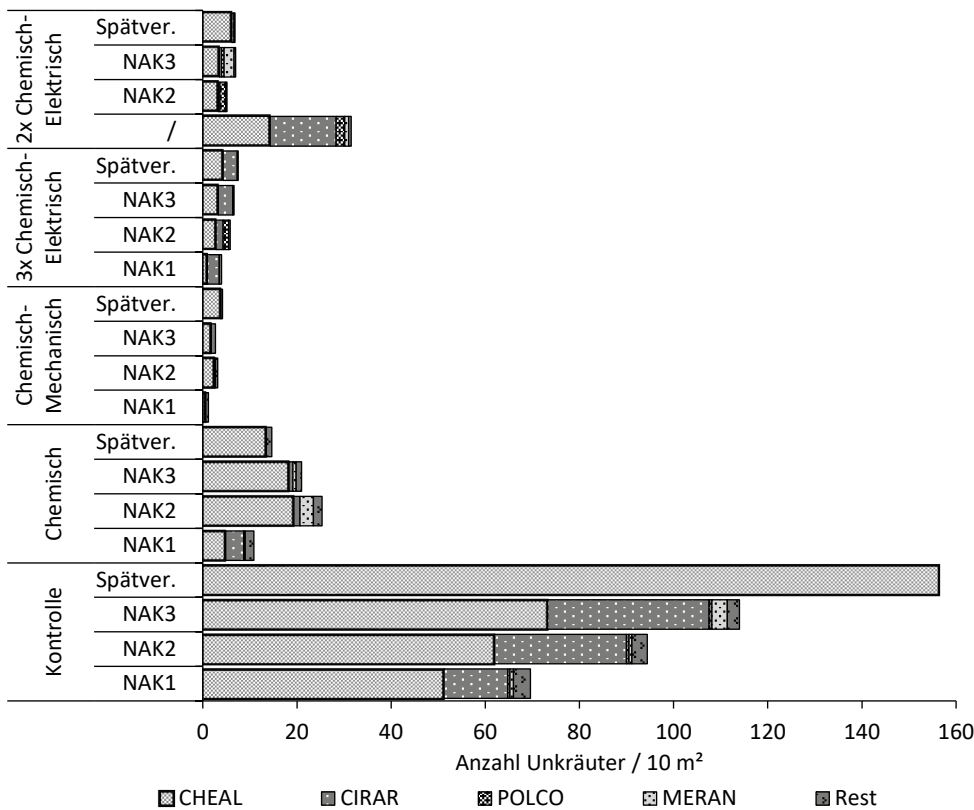


Abbildung 2 Unkrautspektrum (Unkräuter pro 10 m²) der Versuchsvarianten jeweils 10 bis 16 Tage nach einer Nachaufbehandlung (NAK) sowie der Spätverunkrautung unmittelbar vor Reihenschluss in Euskirchen im Jahr 2020.

Figure 2 Weed spectrum (weeds per 10 m²) of the different trial variants 10 to 14 days after a post-emergence treatment (NAK) and the late weeds shortly before canopy closure in Euskirchen in 2020.

Die aufgetretene Verunkrautung in den mechanischen und elektrischen Kombinationsvarianten war im Reihensbereich in direkter Nähe der Zuckerrüben festzustellen (Abb. 2). Die Verunkrautung in der „2x Chemisch-Elektrisch“ Variante war durch die ausgelassene erste NAK auf 35 Unkräuter pro 10 m² angestiegen. Mit der ersten Behandlung zur zweiten NAK konnte in der Variante „2x Chemisch-Elektrisch“ die Anzahl der Unkräuter auf 5 Unkräuter pro 10 m² reduziert werden. Die Verunkrautung in der „2x Chemisch-Elektrisch“ Variante stieg nach der zweiten Behandlung leicht an, blieb aber zu NAK 3 und zur Bonitur der Spätverunkrautung unter 10 Unkräutern pro 10 m² (Abb. 2).

Die chemische Variante wies zur NAK 1 mit einem errechneten Wirkungsgrad von 84 % die geringste Unkrautwirkung im Bezug zur Kontrolle auf. Zur zweiten und dritten NAK manifestierte sich der geringe Wirkungsgrad bei unter 82 % (Tab. 3).

Das chemisch-mechanische Kombinationsverfahren wies die geringste Verunkrautung und mit 98 % den höchsten Wirkungsgrad in allen Nachaufbehandlungen auf. Die dreimalige „Chemisch-Elektrisch“ Applikation hatte einen konstanten Wirkungsgrad von 94 % und war im Wirkungsgrad mit der zweimaligen „Chemisch-Elektrisch“ Applikation vergleichbar. Sowohl die „Chemisch-Mechanisch“ und die „Chemisch-Elektrisch“ Varianten haben über den gesamten Versuchszeitraum einen konstanten Wirkungsgrad von über 90 % aufgewiesen (Tab. 3).

Tabelle 3 Errechnete Wirkungsgrade in % zur unbehandelten Kontrolle, (\pm Standardabweichung) der Nachauflauf (NAK) - Bekämpfungsverfahren in Euskirchen 2020.

Table 3 Calculated efficiencies in % to the untreated control, (\pm standard deviation) of the post-emergence (NAK) control methods in Euskirchen 2020.

Verfahren	NAK1 (27.04.20) 16 DAT	NAK2 (13.05.20) 9 DAT	NAK3 (26.05.20) 11 DAT
Chemisch	84 \pm 7	73 \pm 17	82 \pm 13
Chemisch-Mechanisch	98 \pm 1	97 \pm 2	98 \pm 1
3x Chemisch-Elektrisch	94 \pm 6	94 \pm 5	94 \pm 5
2x Chemisch-Elektrisch (keine NAK1)	-	95 \pm 2	94 \pm 3

Diskussion

Die geringe Wirkung der chemischen Herbizide zur Flächen- und Bandapplikation ist auf die trockene Witterung im April und Mai 2020 zurückzuführen. Um die vollständige Wirkung der Herbizide zu entfalten, benötigen die Herbizide eine milde, bedeckte Witterung sowie die Bodenwirkstoffe eine feuchte Ackerkrume (WEGENER, 2019). Der schlechte Wirkungsgrad des chemischen Verfahrens auf die Unkräuter zur ersten NAK, konnte durch die beiden nachfolgenden NAK nicht kompensiert werden. In den Varianten, in denen die Kombination aus „Chemisch-Mechanisch“ und „Chemisch-Elektrisch“ Unkrautkontrolle durchgeführt wurde, zeigte sich im Reihbereich ein erhöhter Unkrautdruck. Grund für den erhöhten Unkrautdruck im Reihbereich kann sowohl der Spritzschatten durch die Zuckerrübenpflanzen selbst, als auch die verminderte Herbizidwirkung durch die Trockenheit gewesen sein.

Das Electroherb™-Verfahren zeigt, dass das Verfahren einen ausreichenden Wirkungsgrad unter Bedingungen erzielt, in denen Herbizide eine verminderte Wirkung haben. Beim Vergleich der mechanischen und elektrischen Zwischenreihenbehandlung ist festzustellen, dass beide Verfahren einen vergleichbaren Wirkungsgrad erzielen konnten. Dennoch greift das Electroherb™-Verfahren nicht in das Bodengefüge ein, wodurch das Verfahren das Erosionsrisiko vermindert. Des Weiteren werden die im Bodengefüge befindlichen Bodenorganismen durch das Electroherb™-Verfahren nicht beeinträchtigt (ZASSO, 2020). Ergänzend deuten die Ergebnisse des Electroherb™-Verfahren an, dass auch Unkräuter in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien bekämpft werden und somit Überfahrten eingespart werden können. Problemunkräuter wie die Ackerkratzdistel, die durch die flache Arbeitstiefe der Hacke nicht ausreichend bekämpft werden, können durch das Electroherb™-Verfahren vollständig bis in die Wurzel geschädigt werden.

Die ausgelassene NAK 1 bei der Variante „2x Chemisch-Elektrisch“ führte dazu, dass die Unkräuter bereits das 6 bis 8 Blattstadium erreicht hatten. Wie die Ergebnisse zeigen, konnte das Electroherb™-Verfahren auch Unkräuter in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium bekämpfen, in denen die Hacke und die Herbizide eine vergleichsweise geringe Wirkung erzielen. Der Versuch am zweiten Standort in Kirschgartshausen wurde durch Herrn Dr. Peter Risser (Südzucker AG) durchgeführt und ist gesondert veröffentlicht worden. In Kirschgartshausen konnte eine vergleichbare Wirkung mit dem Electroherb™-Verfahren als Zwischenreihenbehandlung erzielt werden. Des Weiteren bestätigen die Ergebnisse des zweiten Standortes, dass Problemunkräuter wie der Weiße Gänsefuß und der Windenknöterich sowie Unkräuter in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium effektiv bekämpft werden können (RISSE, 2020).

Der Versuch zeigt, dass durch die Einbindung des Electroherb™-Verfahrens in die Regulierungsstrategie bei identischen bzw. höheren Wirkungsgraden der Pflanzenschutzmitteleinsatz um bis zu 60 % reduziert werden kann. Dies ist besonders von Bedeutung, wenn weitere Wirkstoffe in ihrem Anwendungsbereich eingeschränkt werden.

Literatur

- BVL, 2019: Fachmeldung Pflanzenschutzmittel Widerruf Desmedipham. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Online verfügbar unter https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/04_pflanzenschutzmittel/2019/2019_12_04_Fa_Widerruf_Desmedipham.html. zuletzt aktualisiert am 04.12.2019.
- KOCH, M., A. HERMANN, B. ERGAS, P. RISSER, 2020a: Electrical weed control in sugar beet – A comparison of pre-emergence methods, *Julius-Kühn-Archiv* **464**, 438-440.
- KOCH, M., T. THOLEN, P. DRIEBEN, B. ERGAS, 2020b: The Electroherb™ System – A new technique supporting modern weed management, *Julius-Kühn-Archiv* **464**, 261-263.
- LADEWIG, E, C. BUHRE, C. KENTER, N. STOCKFISCH, M. VARELMANN, A.-K. MAHLEIN, 2018: Pflanzenschutz im Zuckerrübenanbau in Deutschland – Situationsanalyse. *Sugar Industrie* **143** Nr. 12.
- RISSER, P., 2020: Unkrautbekämpfung – Chemisch, Mechanisch, Elektrisch, Autonom? Versuchsergebnisse zu Alternativen in der Unkrautbekämpfung 2020, *DZZ Die Zuckerrübenzeitung*. Dezember 2020, 26-27.
- WEGENER, J.K., 2019: Gezielter und flexibler – Trends in der Pflanzenschutztechnik, *Jahrbuch Agrartechnik* **2**.
- WETTER KONTOR, 2020: Wetterarchiv Standort Euskirchen. <https://www.wetterkontor.de/wetter/rueckblick>, zuletzt aktualisiert am 09.01.2020.
- ZASSO, 2020: Newsletter Ecotox. Online verfügbar unter https://zasso.com/paper_ecotox/ zuletzt aktualisiert am 31.08.2020.