



Fluid & Energy Engineering  
GmbH & Co. KG

Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG, Borsteler Chaussee 178, 22453 Hamburg

Borsteler Chaussee 178  
22453 Hamburg

Stadt Sulingen  
Herr Malte Sander  
Galtener Straße 12  
27232 Sulingen

phone: +49 (0)40 533 036 8-0  
fax: +49 (0)40 533 036 80-79  
email: [info@f2e.de](mailto:info@f2e.de)  
web: [www.f2e.de](http://www.f2e.de)

Ihr Zeichen

Unser Zeichen  
**2023-D-060-P6-R0**

Bearbeiter  
**Dr. Thomas Hahm**

Datum  
**20.12.2023**

## Erläuternde Stellungnahme zum Standort Sulingen

Sehr geehrter Herr Sander,

Sie haben uns gebeten, zu unserem Gutachten zum Einfluss einer Wohnbebauung auf eine Windmühle am Standort Sulingen vom 6.11.2020 /1/ mit Bezug auf ein Schreiben des Mühlenvereins Labbus e.V. vom 23. März 2023 /2/ Stellung zu nehmen. Konkret geht es dabei um Folgendes:

In /2/ wird ausgeführt, dass Turbulenzen, die aus einer ungeeigneten Bebauung in der nahen Umgebung der Mühle resultieren, eine wesentliche Beeinträchtigung der Windmühle darstellen. Mit den Turbulenzen steigen die Belastungen und führen zu vorzeitigem Verschleiß.

In /1/ wurde untersucht, inwieweit eine geplante Wohnbebauung den sicheren Betrieb der Windmühle aufgrund möglicher unzulässiger Ermüdungs- oder Extremlasten gefährdet. Die Turbulenz am Standort stand hier im Fokus der Untersuchungen.

In /2/ wird die grundsätzliche Gültigkeit des Gutachtens /1/ aus folgenden Gründen bestritten:

1. Das Gutachten /1/ geht bei den Gebäuden der Wohnbebauung von einer maximalen Firsthöhe von 7m aus. Geplant seien jetzt aber Firsthöhen von 9.5 - 12m.
2. Das Gutachten /1/ legt Winddaten auf einer Höhe von 40m und einer zeitlichen

Amtsgericht Hamburg,  
HRA 107878  
USt.-IdNr.: DE 258129690  
Steuer-Nr.: 49/619/01117

VR Bank Mecklenburg eG  
Konto: 160 61 31 BLZ: 140 613 08  
IBAN: DE79140613080001606131  
BIC: GENODEF1GUE

Komplementär:  
fluid & energy engineering Verwaltungsgesellschaft GmbH  
Amtsgericht Hamburg, HRB 104049  
Geschäftsführer: Silva Mäusling, Dr. Thomas Hahm



Auflösung von 10 Minuten zugrunde. Zugrunde zu legen sei aber eine Windhöhe von 20m (Nabenhöhe des Flügelkreuzes) und eine zeitliche Auflösung von mindestens 2 Messungen pro Minute.

3. Der in /1/ als Einzelstrukturengruppe III im Osten der Windmühle identifizierte Baumbewuchs sei Anfang 2022 gefällt worden und stelle somit keine Beeinträchtigung der Windströmung mehr dar.
4. Der Baumbewuchs im Nordwesten der Windmühle, der in /1/ als Einzelstrukturengruppe II bezeichnet ist, soll in Absprache mit der Stadt entfernt werden.

Anstelle der in /1/ durchgeführten Untersuchungen wird in /2/ die Mühlenschutzzone nach niederländischen Vorgaben (Molenbiotoop) als besser geeignet angesehen.

Dazu nehmen wir wie folgt Stellung:

### **1. Firsthöhen:**

Es ist richtig, dass in /1/ entsprechend den damaligen Vorgaben der Stadt Sulingen von einer maximalen Firsthöhe von 7m für das gesamte Planungsgebiet ausgegangen wurde. Gemäß /3/ wird abweichend davon im Bereich des eingeschränkten Gewerbegebietes jetzt eine Gebäudeoberkante von 68.7m ü. NHN (etwa 12m über Geländeoberkante) und in den Bereichen der Dorfgebiete und dörflichen Wohngebiete eine Differenz zwischen First- und Sockelhöhe von 9m zugelassen. Wie sich das auf die Bewertung der Windmühle auswirkt, wird im Kapitel zur Mühlenschutzzone (Bebauung westlich des Windmühlenweges) weiter betrachtet.

### **2. Winddaten:**

Die in /1/ verwendeten Winddaten beziehen sich zwar auf eine Höhe von 40m, wurden im Rahmen der Berechnung jedoch auf die Nabenhöhe der Windmühle umgerechnet (siehe Kapitel 3.2 in /1/). Da die zugrunde gelegten Daten einen Zeitraum von 20 Jahren abdecken, können sie im Gegensatz zu der in /2/ dargestellten Windrichtungsverteilung als repräsentativ für den Standort angesehen werden. Die Daten in /2/ beruhen auf einer gut vier Monate dauernden Messung und können daher nicht alle jahreszeitlichen Effekte abdecken. Um Rückschlüsse auf die Windverhältnisse am Standort zu ziehen, ist üblicherweise eine mindestens einjährige Messung erforderlich, die dann anhand langjähriger Messdaten zu korrigieren ist.

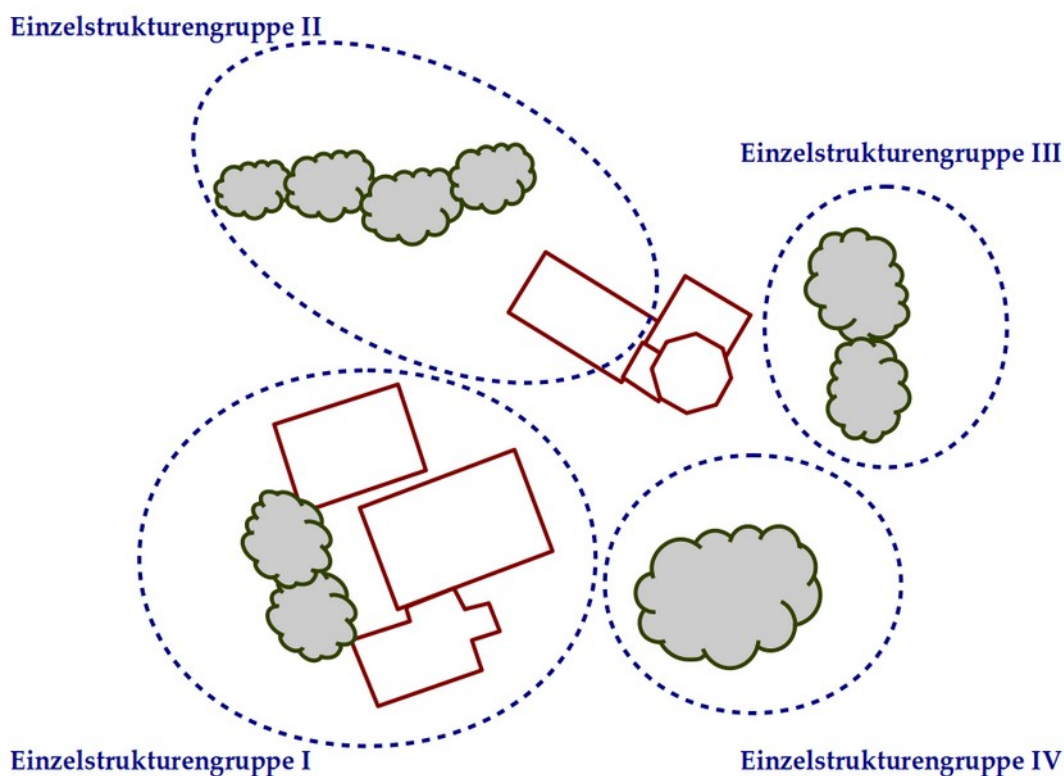
Unabhängig davon widersprechen sich die in /1/ und /2/ dargestellten Hauptwindrichtungen nicht.

Die in /1/ verwendeten Daten beruhen auf dem Windatlas der Firma anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH. Als Grundlage werden zeitlich und räumlich grob aufgelöste Reanalysedaten sowie detaillierte Informationen zur Landnutzung und

Orographie verwendet. Diese Daten werden dann mit einem dreidimensionalen instationären mesoskaligen meteorologischen Simulationsprogramm auf ein feiner aufgelöstes Gitter heruntergerechnet, um daraus hochaufgelöste Zeitreihen für Zeiträume von mehr als 20 Jahren zu erstellen /4/. Es handelt sich also nicht um Messdaten, so dass die Kritik zur zeitlichen Auflösung hier nicht greift.

### 3./4. Baumbewuchs im direkten Umfeld der Windmühle

Bei einer Vor-Ort-Besichtigung, die in /5/ dokumentiert ist, konnte bestätigt werden, dass im Vergleich zu 2020 im Bereich östlich der Mühle Bäume gefällt wurden, so dass die Mühle jetzt etwas freier angeströmt wird. Dies betrifft die in Abbildung 1 als Einzelstrukturengruppe III bezeichnete Baumgruppe. Die Einzelstrukturengruppe II soll gemäß /2/ noch entfernt werden.



**Abbildung 1:** Gruppierung der Einzelstrukturen am Standort Sulingen - Stand 09-2020.

In /1/ wurde damals auch der Fall betrachtet, dass nur die Einzelstrukturengruppe I mit dem dominierenden Gebäude südwestlich der Windmühle zu berücksichtigen ist. Hierzu wurde in den Berechnungsvarianten E und F in /1/ die Situation mit und ohne die damals als Planung zu berücksichtigende Wohnbebauung betrachtet. Die Varianten E und F können daher für den Einfluss einer Wohnbebauung mit einer maximalen Firsthöhe von 7m weiterhin zugrunde gelegt werden.



## **Mühlenschutzzone**

In /2/ wird die Verwendung der niederländischen Richtlinien des Molenbiotoops vorgeschlagen, da sie Richtwerte liefern, die besser geeignet seien als diejenigen, die für Windenergieanlagen verwendet werden.

Hierzu ist vorweg zu sagen, dass in /1/ bewusst keine Richtwerte von modernen Windenergieanlagen verwendet wurden. Man hat jedoch mit der Entwicklung moderner Windenergieanlagen weitreichende Erfahrungen gesammelt, welche Windereignisse zu unzulässigen Extrembelastungen führen können und welche Windverhältnisse bei der Betrachtung der Ermüdungslasten zu betrachten sind.

Für historische Windmühlen sind konstruktionsbedingt sicher andere Extremereignisse dimensionierend als für moderne Windenergieanlagen. Da keine Grenzwerte für einzelne Extremereignisse wie extreme Böen, extreme Windrichtungsänderungen oder extreme Schräganströmungen für historische Windmühlen definiert werden können, wurde in /1/ darauf geachtet, dass mögliche schädliche Einflüsse der direkten Nachlaufströmung einzelner Gebäude oder Gebäudegruppen der Wohnbebauung vermieden werden.

Für die Ermüdungsbelastung einer historischen Windmühle und einer modernen Windenergieanlage sind hingegen dieselben Windbedingungen ausschlaggebend, von denen neben der Windgeschwindigkeitsverteilung am Standort in erster Linie die Turbulenzintensität der Windströmung zu nennen ist. Da aber auch hinsichtlich der Ermüdungslasten für die Turbulenzintensität keine Grenzwerte für historische Windmühlen genannt werden können, kann man hier nur qualitativ vorgehen.

Daher wurde in /1/ eine quantitative Differenzbetrachtung zwischen der Situation vor und nach dem Zubau der Wohnbebauung durchgeführt, aus der sich dann qualitative Rückschlüsse ziehen lassen. Weiterhin wurde in /1/ darauf geachtet, dass die Wohnbebauung nicht zu einer deutlichen Erhöhung der Turbulenzintensität führt, wie sie z.B. momentan bereits durch die Einzelstrukturengruppe I (siehe Abbildung 1) existiert. In /1/ konnte gezeigt werden, dass diese in Hauptwindrichtung vor der Windmühle das Niveau der Ermüdungslasten dominiert. Dies wird sich auch durch eine Wohnbebauung mit einer maximalen Firsthöhe von 7m und bei Berücksichtigung der in /1/ definierten Abstandsvorgaben nicht ändern.

Im Vergleich zu den pauschalen Vorgaben der Mühlenschutzzone nach den Schutzvorschriften des Molenbiotoops, handelt es sich in /1/ um eine standortspezifische Bewertung, die den spezifischen Verhältnissen am Standort Rechnung trägt. Auch methodisch bringen die Schutzvorschriften des Molenbiotoops keine Verbesserung, so dass sich die Verwendung der Schutzvorschriften des Molenbiotoops hieraus nicht begründen lässt. Was sich im Vergleich zu den Ansätzen in /1/ unterscheidet und im Hinblick auf die Anwendung zu diskutieren ist, sind sicherlich die Höhe der Schutzziele, die durch das Molenbiotoop definiert werden. Dies wird später im Kapitel



„Zusammenfassung und Bewertung“ thematisiert.

### Zwischenfazit:

Als Zwischenfazit kann somit festgehalten werden, dass die Untersuchungen in /1/ für eine Wohnbebauung mit einer maximalen Firsthöhe von 7m weiterhin gültig und belastbar sind. Der Fall, dass die Einzelstrukturengruppe II - IV (siehe Abbildung 1), die aus Gehölz und Bäumen bestehen, eventuell nicht mehr zu berücksichtigen sind, wurde in /1/ bereits betrachtet.

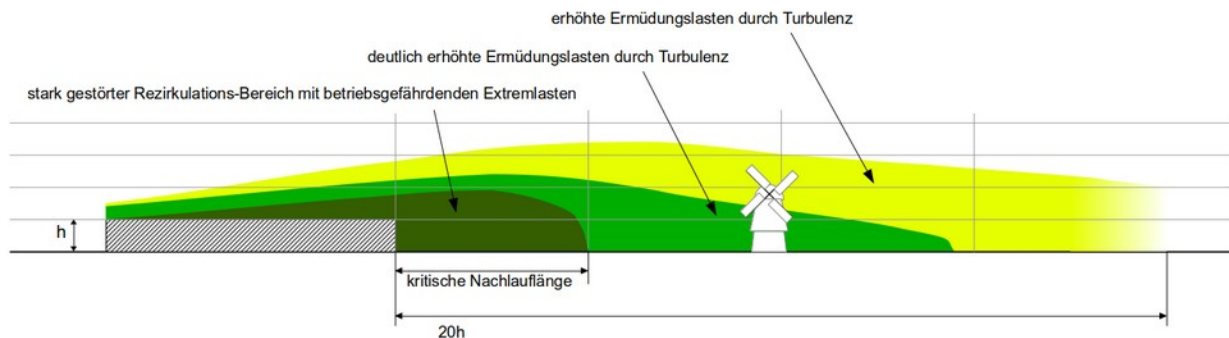
### Bebauung westlich des Windmühlenweges

Im Unterschied zu der in /1/ betrachteten Wohnbebauung wird abweichend davon im Bereich des eingeschränkten Gewerbegebietes eine Gebäudeoberkante von 68.7m ü. NHN (etwa 12m über Geländeoberkante) und in den Bereichen der Dorfgebiete und dörflichen Wohngebiete eine Differenz zwischen First- und Sockelhöhe von 9m zugelassen. Dieser Umstand ist daher neu zu bewerten.

Analog zum Vorgehen in /1/ wurde daher in einem ersten Schritt der kritische Bereich der Nachlaufströmung der Bebauung betrachtet. Da keine konkreten Planungsunterlagen für die einzelnen Gebiete vorliegen, wurden für die im Bebauungsplan ausgewiesenen Gebiete des eingeschränkten Gewerbegebietes G<sub>Ee</sub>, des Dorfgebietes MD, sowie für die einzelnen der Teilflächen der dörflichen Wohngebiete MDW jeweils ein bebauter Block mit der maximal zulässigen Gebäudehöhe betrachtet. Dies entspricht hinsichtlich der kritischen Nachlauflänge einem konservativen Vorgehen. Es zeigt sich hier, dass der kritische Rezirkulationsbereich, in dem es zu betriebsgefährdenden Extrembelastungen an der Windmühle kommen kann, in keinem Fall erreicht wird.

In einem zweiten Schritt wurde dann, ebenfalls analog zum Vorgehen in /1/ untersucht, ob auch der Bereich ausgeschlossen werden kann, der zu einer deutlichen Erhöhung der Umgebungsturbulenzintensität an der Windmühle führt. Hierzu wurde in /1/ die Forderung aufgestellt, dass mindestens ein Abstand vom dreifachen der kritischen Nachlauflänge eingehalten werden sollte. Diese Forderung wurde in /1/ auf Basis einer aufwändigen dreidimensionalen Strömungssimulation abgeleitet. Abbildung 2 veranschaulicht qualitativ die Verhältnisse im Nachlauf eines Gebäudes. Die Darstellung beruht ebenfalls auf solchen dreidimensionalen Berechnungen, die für eine quaderförmige Bebauung durchgeführt wurden und entsprechend verallgemeinert werden konnten.

Man erkennt in Abbildung 2, dass der dreifache Abstand der kritischen Nachlauflänge für diesen Fall ebenfalls ein sinnvolles Maß darstellt, um deutlich erhöhte Ermüdungslasten durch Turbulenzintensitäten für eine quaderförmige Bebauung auszuschließen.



**Abbildung 2:** Qualitative Darstellung der Nachlaufströmung hinter einer quaderförmigen Bebauung.

Diese Bedingung wird durch die höhere Bebauung in den Bereichen westlich des Windmühlenweges nicht eingehalten. Die Windmühle befindet sich hier bezogen auf die einzelnen Gebäudegruppen etwa beim 1,8fachen bis 2fachen der kritischen Nachlauflänge. Dies wird durch die Position der Windmühle in Abbildung 2 veranschaulicht.

Die mögliche Bebauung westlich des Windmühlenweges reiht sich damit in den Einfluss der Einzelstrukturengruppe I mit dem dominierenden Gebäude südwestlich der Windmühle ein und wird zu ähnlich erhöhten Turbulenzintensitäten führen. Während durch die Einzelstrukturengruppe I vor allem der Sektor WSW betroffen ist, dehnt sich dieser Windrichtungsbereich jetzt deutlich auf die Sektoren von SSW bis WNW aus.

### **Zusammenfassung und Bewertung:**

Die Windbedingungen der Anströmung bestimmen wesentlich die Belastungen einer Windmühle. Durch Bewuchs und Bebauung in der Umgebung wird vor allem die Umgebungsturbulenzintensität erhöht. Damit erhöhen sich die Ermüdungslasten, was zu vorzeitigem Verschleiß und erhöhtem Instandhaltungsaufwand führt. Darüber hinaus muss vermieden werden, dass Einzelstrukturen so dicht an einer Windmühle stehen, dass es zu Extrembelastungen kommt, die die strukturelle Integrität der Windmühle akut gefährden. Dieser grundsätzlichen Einschätzung wird in /2/ nicht widersprochen.

In /1/ konnte für eine Wohnbebauung mit einer maximalen Firsthöhe von 7m, die mindestens 50m von der Windmühle am Standort Sulingen entfernt steht, gezeigt werden, dass es weder zu kritischen Extremlasten noch zu einer deutlich erhöhten Ermüdungsbelastung kommt. Die Ermüdungslasten werden zwar erhöht, es wurde in /1/ jedoch deutlich, dass die Ermüdungslasten bei einem uneingeschränkten Betrieb der Windmühle vor allem durch das in Hauptwindrichtung vor der Windmühle stehende Gebäude dominiert werden. Der Einfluss der in /1/ betrachteten Wohnbebauung tritt demgegenüber zurück und kann daher insgesamt als zumutbar bewertet werden.

Westlich des Windmühlenweges soll nun eine höhere Bebauung zugelassen werden. Diese



führt ähnlich wie das Gebäude südwestlich der Windmühle (siehe auch Einzelstrukturengruppe I in Abbildung 1) zu deutlichen Erhöhungen der Turbulenzintensität und damit auch zu einer deutlich erhöhten Ermüdung verbunden mit entsprechenden Instandhaltungskosten. Kritische Extremlasten durch die Bebauung können aber auch hier ausgeschlossen werden.

Die in /2/ vorgeschlagene Regelung einer Windmühlenschutzzone nach den Vorgaben des niederländischen Molenbiotoops führen im Vergleich zu den hier und auch in /1/ durchgeführten Untersuchungen zu insgesamt restriktiveren Einschränkungen. Dies ist zum Einen der pauschalen, nicht standortspezifischen Betrachtung geschuldet, zum Anderen aber vermutlich auch Folge einer anderen Definition des Schutzzieles. Das Maß der Erhöhung insbesondere der Turbulenz in der Anströmung im Vergleich zu einer völlig freien Anströmung, das sich als ein solches Schutzziel definieren lässt, scheint hier niedriger angesetzt zu sein. Die Grenze für eine Erhöhung ist dabei stets eine Frage der Zumutbarkeit, die sich am besten monetär in Form erhöhter Instandhaltungskosten messen ließe. Mangels direkter Berechnungsmöglichkeiten und mangels belastbarer Erfahrungswerte hierfür ist dies direkt so nicht möglich. Eine Differenzbetrachtung zwischen der Turbulenz mit und ohne Berücksichtigung der Bebauung bietet hier einen Ausweg, um auf Basis von Berechnungsergebnissen eine letztlich zwar qualitative, aber begründete und auf Zahlen beruhende Einschätzung der Zumutbarkeit zu geben.

In /1/ wurde die Zumutbarkeit für eine Wohnbebauung mit einer maximalen Firsthöhe von 7m, die mindestens 50m von der Windmühle am Standort Sulingen entfernt steht, als gegeben gesehen, da im Vergleich zur Situation vorher ein möglicher Betrieb der Windmühle zwar mit mäßig erhöhten Belastungen verbunden ist, er aber nicht grundsätzlich eingeschränkt wird.

Die jetzt geplante Bebauung westlich des Windmühlenweges stellt sich demgegenüber etwas anders dar, da hier mit deutlich erhöhten Turbulenzen zu rechnen ist, die nicht ohne Weiteres als zumutbar klassifiziert werden können. Um deutlich Belastungen zu vermeiden, würde es sich vielmehr empfehlen, die Windmühle bei Windrichtungen im Bereich von etwa 200° bis 320° nicht zu betreiben. Eine solche Empfehlung würden aufgrund des südwestlich stehenden Gebäudes aber auch jetzt schon für einen Windrichtungsbereich von etwa 220° bis 270° gelten. Der Bereich, in dem ein Betrieb der Windmühle nicht zu empfehlen ist, vergrößert sich also von zurzeit etwa 50° auf dann 120°. Zeitlich entspricht dies etwa einer Verdopplung der Zeiten, bei denen die Windmühle nicht betrieben werden sollte. Da hier die Hauptwindrichtung betroffen ist schränkt sich der mögliche Betrieb von etwa 75% der Zeiten auf etwa 50% ein, will man nicht eventuell deutlich erhöhte Instandhaltungskosten in Kauf nehmen.

Über die Zumutbarkeit einer solchen Einschränkung für den Betrieb kann hier nicht weiter entschieden werden.



Grundsätzlich bestände die Möglichkeit, eine bessere Datengrundlage für eine Bewertung zu schaffen. Hierzu wäre es erforderlich, nach Kenntnis der detaillierten Bebauungspläne, die Überströmung aus den kritischen Bereichen von SSW bis WNW in einer aufwändigen dreidimensionalen Strömungssimulation zu berechnen, die entsprechende Werte für die Turbulenz liefern kann. Da solche Berechnungen mit hohen Kosten verbunden sind und letztlich weder die Auswirkungen der erhöhten Turbulenz auf die Konstruktion in Form erhöhter Lasten noch die damit verbundenen erhöhten Instandhaltungskosten genauer quantifiziert werden können, erscheint dieser Weg nicht zielführend.

Bei weiteren Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Thomas Hahm

Philipp Schröter

## Literatur

- /1/ Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG; Gutachten zum Einfluss einer Wohnbebauung auf eine Windmühle am Standort Sulingen; Referenz-Nr.: F2E-2020-TGJ-019, Revision 0; Hamburg, 06.11.2020.
- /2/ Mühlenverein Labbus e.V; Stellungnahme zu Bebauungsplan Nr. 121 „Windmühlenweg“ (Stand 09/01/2023); Sulingen 23.03.2023.
- /3/ Stadt Sulingen; Bebauungsplan Nr. 121 „Windmühlenweg“ - VORENTWURF, Stand 03/02/2023.
- /4/ <https://www.anemos.de/de/windatlas.php> - abgerufen am 15.12.2023.
- /5/ Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG; Dokumentation der Standortbesichtigung im Rahmen der Bewertung einer Windmühle am Standort Sulingen; Hamburg, 26.05.2023.