

# Lärminderungspotenziale in Deutschland im Rahmen des 'Zero pollution action plan'

Sebastian Eggers<sup>1</sup>, Frank Heidebrunn<sup>2</sup>, Imke Ines Klatt<sup>2</sup>, Mirco Bachmeier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LÄRMKONTOR GmbH, 22767 Hamburg, E-Mail: s.eggers@laermkontor.de

<sup>2</sup> LÄRMKONTOR GmbH, 22767 Hamburg

## Einleitung

Mit dem „Zero pollution action plan“ der Europäische Kommission soll die Gesundheit der europäischen Bevölkerung sowie die natürlichen Ökosysteme geschützt werden. Eines der Ziele ist es die Anzahl chronisch verkehrslärmbelasteter Menschen um 30 Prozent zu reduzieren. Dazu sollen die Mitgliedstaaten der Europäischen Union die Lärmaktionspläne nach der EU-Umgebungsärmrichtlinie stärker mit einer nachhaltigen und lärmindernden Mobilitätsplanung verknüpfen.

Vor diesem Hintergrund sollen im Rahmen des UBA-Forschungsvorhabens „Effektivität der Lärmaktionsplanung“ („EffLAP“, FKZ 3722 55 110 0) die Lärminderungspotenziale typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel aus den Bereichen der Lärmierungs- und der Mobilitätsplanung untersucht und bewertet, sowie alternative Zielszenarien für die Belastung durch Verkehrslärm betrachtet werden.

In drei Szenarien, „Status Quo“, „Realistische Fortschreibung“ („business-as-usual“) sowie „Optimistisch“ werden sowohl die bundesweiten Auswirkungen von geplanten Lärmierungsmaßnahmen, technologischer Entwicklungen als auch die Auswirkungen von Verkehrs- und Bevölkerungsentwicklung auf die Lärmemissionen und Lärmimmissionen jeweils für Straßen-, Schienen- und Flugverkehr abgeschätzt.

Das Tagungspapier soll einen Einblick in die Modellierung der Szenarien sowie die Modellbildung geben. Die detaillierten Ansätze sowie Ergebnisse werden im Rahmen des Abschlussberichts veröffentlicht.

## Szenarien

Zur Analyse, ob mit bisher geplanten Maßnahmen eine Erreichung der zuvor genannten Ziele des „Zero pollution action plan“ der Europäische Kommission möglich ist, soll eine Ermittlung der Lärmbetroffenheit in verschiedenen Szenarien erfolgen. In den Berechnungen sollen die folgenden drei Szenarien betrachtet werden, die sich in den Ansätzen zur Lärmierungs- und ggf. Verkehrsentwicklung deutlich unterscheiden:

### Do-nothing

Im Szenario „Do-nothing“ werden als Fortschreibung des Status Quo keine Veränderung der Fahrzeugemissionen und keine Lärmschutzmaßnahmen berücksichtigt. Es fließen nur die zu erwartende Bevölkerungs- und Verkehrsentwicklung in die statistische Betrachtung ein. Beim Flugverkehr wird hier der „pessimistische Fall“ mit der höchsten Zunahme berücksichtigt.

### Business-as-usual

Im Szenario „Business-as-usual“ werden als realistische Fortschreibung zu erwartende Maßnahmenwirkungen aus bereits beschlossenen und absehbaren technischen und planerischen Maßnahmen und Entwicklungen (Straßenverkehr: Elektromobilität, Senkung der Geräuschpegel-Grenzwerte von Kraftfahrzeugen, lärmindernde Straßenoberflächen usw.) berücksichtigt. Beim Flugverkehr wird hier der „mittlere Fall“ der Verkehrsentwicklung berücksichtigt.

### Optimistic

Im Szenario „Optimistic“ wird eine maximale Umsetzung möglicher Maßnahmen (Straßenverkehr: Tempo 30 innerorts, Zunahme bis zu 100% Elektromobilität usw.) berücksichtigt. Beim Flugverkehr wird hier der „niedrigste Fall“ mit teilweiser Abnahme der Verkehrsentwicklung berücksichtigt.

## Modellierung der Szenarien - Allgemein

Für die Modellierung der Szenarien sind zum einen die Bevölkerungsentwicklung, zum anderen die Verkehrsentwicklung als auch verkehrsträgerspezifische Maßnahmen, Entwicklungen und Effekte zu betrachten.

### Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung wurde anhand verschiedener Datensätze für den benötigten Zweck abgeschätzt. Die Entwicklung wurde anhand der Bevölkerungsvorausberechnung für Berlin, Bremen und Hamburg für die Ballungsräume abgeschätzt. Von der Entwicklung der Gesamtbevölkerung wurde der Zuwachs innerhalb der Ballungsräume abgezogen. Im Modell wurden die Entwicklungen der Ballungsräume auf alle Innerortsstraßen ( $\leq 50$  km/h) angewandt, die Veränderung außerhalb der Ballungsräume auf alle übrigen Straßen.

### Verkehrsentwicklung Straßen- und Schienenverkehr

Für die Verkehrsentwicklung wird auf eine Veröffentlichung „Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose im Auftrag des BMDV – „Prognose 2022““ [1] zurückgegriffen. Aus der Entwicklung von 2019 bis 2051 wurde eine mittlere Zunahme der Fahrleistung pro Jahr abgeleitet (Fahrzeugkilometer pro Jahr).

### Verkehrsentwicklung Flugverkehr

Für die Verkehrsentwicklung des Flugverkehrs wird auf die aktuelle Fassung des „European Aviation Environmental Report 2022“ [2] zurückgegriffen. Für das Szenario „Do-nothing“ wurde das (aus Lärmsicht) pessimistische „high traffic scenario“, für das Szenario „Optimistic“ das „low traffic scenario“ gewählt.

## Modellierung der Szenarien - Schienenverkehr

Maßgeblich für die Szenarien ist die Verkehrsentwicklung sowie die Bevölkerungsentwicklung. Diese werden absehbar zu einer Zunahme der Belastung führen. Diesem entgegen steht dann die Lärminderung durch die Lärmsanierung. Die jährlichen Ansätze zur Lärmsanierung wurden aus Daten zur Lärmsanierung an der Schiene abgeleitet, die vom BMDV zur Verfügung gestellt wurden. Für die Szenarien wurden folgende Ansätze gewählt:

- „Do-nothing“: keiner weiteren Lärmsanierung
- „Business-as-usual“: Ansatz „Mittelwert“
- „Optimistic“: Ansatz „Maximum“

Die Ansätze wurden jeweils über 8 bzw. 18 Jahre hochgerechnet.

Aufgrund der weitgehend abgeschlossenen Umstellung der Güterzüge auf geräuschärmere Bremssysteme wird für diese emissionsseitig keine weitere Minderung angesetzt.

## Modellierung der Szenarien - Flugverkehr

Für die Flottenerneuerung wird von den im „European Aviation Environmental Report 2016“ [3] genannten Ansätzen ausgegangen. Als wahrscheinlichste Entwicklung wird ein Emissionsrückgang von 0,1 dB pro Jahr bis 2035 genannt, ein Rückgang von 0,3 dB pro Jahr bei einer erhöhten Austauschrate. Nach 2035 wird keine weitere Veränderung angesetzt.

## Modellierung der Szenarien - Straßenverkehr

In den zuvor benannten Szenarien sind auch Maßnahmen zu berücksichtigen, die eine Emissionsveränderung der Fahrzeugflotte berücksichtigen. Die Modellierung geht über die reine Veränderung anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit hinaus. Mit der BUB (und auch den RLS-19) sind die Fahrzeugemissionen jedoch ausschließlich anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu ermitteln. Es liegen keine Emissionsansätze vor für eine Entwicklung der Fahrzeugflotte hinsichtlich Reifenemissionen oder auch Elektromobilität.

### Emissionsmodell TraNECaM

Wie bereits im Projekt „Umweltwirkungen einer innerörtlichen Regelgeschwindigkeit von 30 km/h“ (FKZ 3720 15 108 1) [4] wurde für die Analyse das Lärmmodell TraNECaM [5] verwendet. Es erlaubt eine detailliertere Emissionsberechnung und es berücksichtigt auch den technischen Fortschritt der Kraftfahrzeuge. Die Datenbasis des Modells ist hinsichtlich der Straßen- und Fahrzeugkategorien deutlich breiter als die der herkömmlichen Modelle. Gegenüber einer rein fachlichen pauschalisierten Einschätzung der Emissionsänderung bietet TraNECaM den Vorteil reproduzierbarer und dokumentierbarer Ergebnisse.

Aufgrund verschiedener Abhängigkeiten untereinander sind emissionswirksame Effekte durch Flottenentwicklung, Elektrifizierung sowie geänderte zulässige Höchstgeschwindigkeiten gemeinsam zu betrachten. Die Effekte werden einzeln hergeleitet, quantifiziert und am Ende zusammengefasst dargestellt.

## Flottenentwicklung

Mit den in 540/2014/EU definierten Emissionsstufen in Phase 1-3 sowie den Entwicklungen der Reifen-Fahrbahn-Geräusche einher geht eine erwartete Emissionsabnahme der Fahrzeugflotten mit zunehmendem Modelljahr. Dies ist mit TraNECaM entsprechend abgebildet. Verglichen werden die Emissionsansätze der Modelljahre 2020 (als Ausgangsjahr), 2030 sowie 2040.

## Elektrifizierung der Flotte

Der Ansatz für die Anteile der Flottenelektrifizierung entstammt Daten aus dem Modell TREMOD für die Prognosehorizonte 2030 und 2040. Die Daten wurden vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt. Für das Szenario „Do-nothing“ wurden keine Elektrofahrzeuge emissionsrelevant berücksichtigt. Im Szenario „Business-as-usual“ wurde die Prognose aus TREMOD verwendet. Im Szenario „Optimistic“ wird davon ausgegangen, dass die TREMOD-Prognose für das Jahr 2040 bereits im Jahr 2030 eintritt. Für das Jahr 2040 wurde dann eine Voll-Elektrifizierung angesetzt.

## Veränderte Höchstgeschwindigkeiten

Für die Szenarien „Optimistic“ in den Jahren 2030 und 2040 wurde jeweils eine Anpassung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit angesetzt:

- Maximal 120 km/h auf Bundesautobahnen.
- Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit außerorts um im Mittel 10 km/h (von 100 auf 90, 80 auf 70 usw.), abgebildet durch eine pauschale Differenz in dB, auf Straßen  $\leq 100$  km/h.
- Maximal 30 km/h auf Innerortsstraßen mit zuvor 40 km/h oder 50 km/h.

## Zusammenfassung der emissionswirksamen Effekte

Die Effekte der Geschwindigkeitsreduzierung wurden zusammen mit den Effekten der Flottenentwicklung und Elektrifizierung zu einer Pegelkorrektur in dB ermittelt. Hierbei werden die Effekte für verschiedene Straßenvarianten (Autobahn, Bundesstraßen, sonstige Straßen) und Geschwindigkeitsbereiche getrennt ermittelt (siehe folgendes Kapitel „Modellierung zum Straßenverkehr“).

## Lärmsanierung

Die Ansätze zur Lärmsanierung wurden aus einer Veröffentlichung des BMVI abgeleitet [6]. Gemittelt wurden jeweils die Veränderung an Autobahnen und Bundesstraßen für Wände, Wälle und offenporige Asphaltdeckschichten in den Jahren 2015-2019.

Für die Szenarien wurden folgende Ansätze an Streckenlängen gewählt:

- „Do-nothing“: keiner weiteren Lärmsanierung
- „Business-as-usual“: Ansätze fortgeschrieben
- „Optimistic“: Ansätze verdoppelt

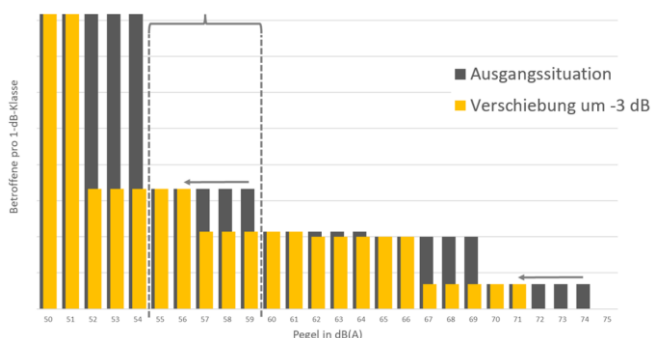
Die Ansätze wurden jeweils über 8 bzw. 18 Jahre hochgerechnet.

## Modellbildung und Berechnung

Für die Abschätzung der Betroffenheit wurde ein Modell entwickelt, in dem aufbauend auf den Lärmpegeln der Lärmkartierung für die Verkehrsarten Straßen-, Schienen- und Flugverkehr die Veränderung in den Pegelklassen ermittelt werden kann. Für Schienen- und Flugverkehr wird direkt auf den Zahlen der Lärmkartierung aufbauend eine Verteilung der Betroffenen auf feinere Pegelklassen vorgenommen.

In den Auswertungen zur Lärmkartierung nach Umgebungslärmrichtlinie wird die Anzahl der Betroffenen jeweils nur in Pegelklassen mit Schrittweite von 5 dB ausgewertet. Die Phenomena-Studie [7] zeigt das gewählte Vorgehen, das auf einer Verschiebung der Betroffenheit in den Pegelklassen beruht. Da die anzusetzenden Maßnahmenwirkungen eine feinere Auflösung als 5 dB(A) aufweisen, ist es notwendig, die Betroffenen auf eine feinere Klassifizierung zu verteilen.

In der folgenden Abbildung ist das Konzept in einem Beispiel dargestellt: Die Betroffenheiten aus 5-dB-Klassen wurden hier in 1-dB-Klassen verteilt (graue Balken). Jede 1-dB-Klasse erhielt dabei 1/5 der Betroffenheit der jeweiligen 5-dB-Klasse. Bei einer Verschiebung um 3 dB (dargestellt durch grauen Pfeil) ergeben sich neue Betroffenheiten in den 1-dB-Klassen (gelbe Balken), die jeweils zur Betroffenheit in 5-dB-Klassen neu summiert werden.



**Abbildung 1:** Illustration des Effekts einer Reduktion der Lärmbelastung auf die Betroffenen in den Pegelklassen

In der Durchführung des Projekts wurde als Auflösung eine Schrittweite von 0,1 dB gewählt. Dies ist ausreichend, um die unterschiedlichen Maßnahmenwirkungen abzubilden.

## Modellierung zum Straßenverkehr

Um die Lärmbelastung für den Straßenverkehr schätzen zu können, sollte eine Trennung der Belastungen in verschiedene Straßenklassifizierungen erfolgen. Diese ergeben sich u.a. aus den zuvor beschriebenen Maßnahmen, die u.a. eine Trennung in die Kategorien Autobahn, Innerortsstraße sowie Außerortsstraße erfordern. Zudem sind einige Maßnahmen, wie z.B. ein Tempolimit von 120 km/h auf Autobahnen sowie von 30 km/h innerorts, nur quantitativ abzuschätzen, wenn der jeweilige Betroffenenanteil ermittelt werden kann.

### Straßennetz

Für das Projekt standen keine vollständigen Daten der Lärmkartierungen zur Verfügung. Es liegt im Netz der kartierten Straßen des Umweltbundesamtes nur die jährliche

Verkehrsmenge vor. Für eine tatsächliche Lärmberechnung sind weitere Parameter erforderlich (u.a. zulässige Höchstgeschwindigkeit, Anteil schwerer Nutzfahrzeuge, Straßendeckschicht), die nicht zur Verfügung stehen. Die geometrische Datenbasis für Straßen und deren Verkehrsaufkommen wird gebildet aus zwei Datensets, die vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wurden. Hierbei wurde das Netz der kartierten Straßen der Jahre 2017 und 2022 kombiniert, da das Netz des Jahres 2022 noch nicht vollständig gemeldet vorlag. Weitere notwendige Eigenschaften der Straßen (Straßengattung und maximale erlaubte Fahrgeschwindigkeit) werden von OpenStreetMap (OSM) übernommen.

### Belastete entlang der Straßen

Aus der Kartierung stehen beim Umweltbundesamt keine Fassadenpegel zur Verfügung, die für eine weitere Auswertung herangezogen werden können. Eine Auswertung der Lärmraster führt jedoch nicht zur gewünschten Abschätzung der Betroffenheit. Es ist daher notwendig, anhand der Raster einen Datensatz von Fassadenpegeln abzuleiten. Es wurde vom Umweltbundesamt der Datensatz „Haushalte Einwohner Bund“ zur Verfügung gestellt, der bundesweit pro Hausmittelpunkt eine Abschätzung der Einwohnenden beinhaltet. Die Punkte werden mit den Lärmpegelklassen der Lärmkarten räumlich zugeordnet. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass einzelne Punkte „innerhalb von Gebäuden“ im Lärmraster als „nicht berechnet“ entsprechend mit keinem relevanten Lärmpegel belegt wurden. Um Probleme bei der Zuordnung zu umgehen, werden Punkten außerhalb einer relevanten Rasterfläche der nächstgelegene Wert in einem maximalen Einzugsbereich von 20 m zugeordnet.

### Zuordnung der Belastungen zu Straßenabschnitten

Anhand des Punktdatensatzes mit Lärmpegelklasse sollen die Belastetenzahlen pro Straßenvariante und pro Lärmpegelklasse ermittelt werden. Hierzu wurde wie folgt vorgegangen:

- Anhand des durchschnittlichen Emissionspegels eines Straßenabschnitts werden Puffer um die Straßenabschnitte gelegt. Dieser umfasst in etwa den Bereich, der bei „freier Ausbreitung“ einen Pegel  $L_{DEN} \geq 55$  dB(A) bewirkt.
- Wenn ein Punkt nur in einem Puffer liegt, wird dieser dem entsprechenden Straßenabschnitt zugewiesen.
- Sofern ein Punkt in mehreren Puffern liegt, wird für jede Quelle (Straße) der Immissionspegelanteil auf Basis des Abstandes zum Straßenabschnitt sowie der des Emissionspegels näherungsweise abgeschätzt.
- Jeder Punkt wird dann dem Puffer (und damit dem zugehörigen Straßenabschnitt) zugewiesen, der den höchsten Immissionspegelanteil erzeugt.
- Für jeden Straßenabschnitt werden die Betroffenenanzahlen je Lärmpegelklasse aufsummiert.

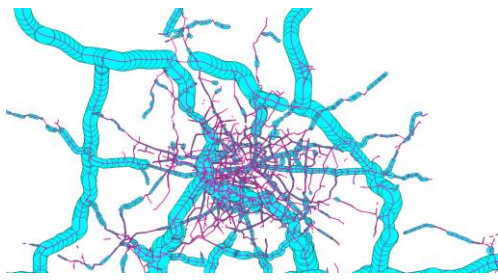


Abbildung 2: Bufferpolygone aus Tag-Abend-Nacht-Pegel

**Betroffenheiten nach Straßenvariante**

Das Resultat ist ein Datensatz, in dem alle Straßenabschnitte mit dem Attribut ‚Straßenvariante‘ (eine Kombination aus Straßengattung und Geschwindigkeitsbegrenzung) und den summierten Einwohnerzahlen je Lärmpegelklasse zusammengefasst sind.

Tabelle 9: Schema des finalen Datensets nach dem Summieren der Einwohnerzahlen pro Straßenabschnitt und Lärmpegelklasse

StraßenID	Straßenvariante	Abschnittslänge /m	Betroffene >55 dB(A)	Betroffene >60 dB(A)	Betroffene >65 dB(A)	Betroffene >70 dB(A)	Betroffene >75 dB(A)
287362	B80	770	54	7	1	-	-
287494	L50	496	17	11	57	7	-
287974	B50	57	8	2	-	-	-
287975	B50	284	120	10	35	10	-
288584	L30	120	-	-	-	-	-

Abbildung 3: Exemplarische Darstellung von Straßenabschnitten mit Straßenvariante und Betroffenheiten

Die Straßenvarianten gliedern sich in Bundesautobahnen (A), Bundesstraßen (B) sowie sonstige Straßen (L), jeweils im Geschwindigkeitsbereich 30 km/h bis 130 km/h. Für einzelne Kombinationen (A30: „Autobahn Tempo 30“) ergeben sich keine Abschnittslängen und somit keine Betroffenheiten.

	Wirkung LDEN								Gesamt Peak								Gesamt Lnw							
	02030	02040	02050	02060	02070	02080	02090	02100	02030	02040	02050	02060	02070	02080	02090	02100	02030	02040	02050	02060	02070	02080	02090	02100
A30																								
A40																								
A50																								
A60																								
A70																								
A80																								
A90																								
A100																								
A110																								
A120																								
A130																								
B30																								
B40																								
B50																								
B60																								
B70																								
B80																								
B90																								
B100																								
B110																								
B120																								
B130																								
L30																								
L40																								
L50																								
L60																								
L70																								
L80																								
L90																								
L100																								
L110																								
L120																								
L130																								

Abbildung 4: Exemplarische Darstellung der Straßenvarianten (Zeilenweise) mit den Maßnahmenwirkungen der Szenarien (Spalten)

**Modellierung der Lärmsanierungsabschnitte**

Für die Ermittlung der mit der Maßnahme „Lärmsanierung“ zu berücksichtigenden Abschnitte erfolgte sowohl für den Straßenverkehr als auch den Schienenverkehr eine Auswertung der am höchsten belasteten Abschnitte. Die Streckenabschnitte wurden in auf maximal 1.000 m lange Segmente geteilt. Beim Straßenverkehr ergab sich die Zuordnung zu den Straßenkategorien anhand der zuvor

genannten Modellierung. Beim Schienenverkehr wurden den aus dem Raster ermittelten Hauspunkten die jeweils nächstgelegene Schienenstrecke zugewiesen. In der Abfrage ergeben sich dann die Belastungen pro Abschnitt in den Pegelklassen.

Für die Priorisierung wurde eine Summation der Belastungen  $L_{DEN} \geq 65$  dB(A) gewählt. Dieses bildet in etwa die Tag-Grenze der Lärmsanierung für allgemeine und reine Wohngebiete (64 dB(A)) bzw. Kern-, Dorf- und Mischgebiete (66 dB(A)) ab. Sofern aufgrund des Umfangs der anzusetzenden Abschnitte in der Priorisierung auch Abschnitte enthalten sind, die keine Belasteten über 65 dB(A) mehr aufweisen, wurde die Priorisierung mit Betroffenen in den niedrigeren Pegelklassen fortgesetzt.

**Ergebnisse und Fazit**

Mit dem entwickelten Ansatz steht ein Modell zur Verfügung, mit dem deutschlandweit Maßnahmen auch getrennt nach Straßenklassen (Bundesstraße, Bundesautobahn, sonstige Straßen) und nach Geschwindigkeitsbereich auf Grundlage der Lärmkartierung bewertet werden können.

Die abgestimmten Ergebnisse werden im Schlussbericht des Vorhabens veröffentlicht. Der Schlussberichtsentwurf befindet sich derzeit in der Abstimmung beim Umweltbundesamt.

**Literatur**

- [1] Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, 2023, Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022 im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr - „Prognose 2022“, URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/p/rognose-berichtgleitende-langfrist-verkehrsprognose.pdf>
- [2] European Environmental Agency, 2022, European Aviation Environmental Report 2022
- [3] European Environmental Agency, 2016, European Aviation Environmental Report 2016
- [4] Umweltbundesamt, 2023, Heinrichs, Klein, Blohm, Eggers, Umweltwirkungen einer innerörtlichen Regelgeschwindigkeit von 30 km/h, FKZ 3720 15 108 1, im Auftrag des Umweltbundesamtes, März 2023
- [5] Umweltbundesamt, 2000, TraNECaM, Emissionsmodul im Geräuschbelastungsmodell, ARGE TÜV Automotive / LÄRMKONTOR, Vorhaben Nr. 105 02 221, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dezember 2000
- [6] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021, Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 - 2018 – 2019
- [7] Europäische Kommission, 2021, Assessment of potential health benefits of noise abatement measures in the EU - Phenomena project. 2021